

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

(DOKTORA TEZİ)

**NANOSERAMİK REÇİNE MATERYALİNİN FARKLI
YÜZEY HAZIRLIKLARI SONRASINDA FARKLI
BAĞLAYICI AJANLARLA TAMİR POTANSİYELİNİN
KARŞILAŞTIRILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

MÜRŞİDE GÜLTEKİN

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. HANDE ŞAR SANCAKLI**

**RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ PROGRAMI**

İSTANBUL-2017

DOKTORA TEZİ ONAYI

İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Restoratif Diş Tedavisi Programında Doktora öğrencisi **Mürşide GÜLTEKİN** tarafından **Doç.Dr.Hande ŞAR SANCAKLI'nın** danışmanlığında hazırlanan “**Nanoseramik Reçine Materyalinin Farklı Yüzey Hazırlıkları Sonrasında Farklı Bağlayıcı Ajanlarla Tamir Potansiyelinin Karşılaştırılarak Değerlendirilmesi**” başlıklı tez aşağıdaki jüri üyeleri tarafından 17/05/2017 tarihinde yapılan Tez Savunma Sınavında başarılı bulunmuş ve Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.


Jüri Başkanı

Prof.Dr.Sami BÜYÜKGÖKÇESU
İ.Ü.Dişhekimliği Fakültesi
Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Başkanı

Jüri-Danışman

Doç.Dr.Hande ŞAR SANCAKLI
İ.Ü.Dişhekimliği Fakültesi
Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı

Jüri

Prof.Dr.Taner YÜCEL
İ.Ü.Dişhekimliği Fakültesi
Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı

Jüri

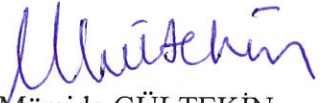
Prof.Dr.Dilek TAĞTEKİN
Marmara.Ü.Dişhekimliği Fakültesi
Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı

Jüri

Yrd.Doç.Dr.Alev ÖZSOY
Medipol Ü.Dişhekimliği Fakültesi
Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.


Mürşide GÜLTEKİN

İTHAF

Canım oğullarım Emre'm, Eren'im ve sevgili eşime ithaf ediyorum.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimine başlangıç aşamasından tüm eğitim süreci boyunca her türlü desteğini, yardımlarını ve ilgisini benden esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, hoşgörü ve sabrıyla aldığım kararlarda beni olumlu yönde etkileyen, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum doktora tez danışman hocam Doç. Dr. Hande Şar Sancaklı'ya;

Akademik ve klinik çalışmalarında beni her konuda destekleyen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, doktora eğitimime devam etmemde ve sonlandırmamda çok büyük katkısı olan Prof. Dr.Taner Yücel'e;

Bugünlere gelmem de emekleri olan başta Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Sami Büyükgökçesu olmak üzere Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı öğretim üyelerine ve tez jürimde bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Dilek Tağtekin ve Yrd. Doç. Dr. Alev Özsoy'a;

Doktora eğitimim boyunca ve tez çalışmam sırasında yardımlarını esirgemeyen Dt. Işık Saral, Dr. Dt. Diial Pashaev ve Dt. Elif Türkeş'e ve diğer doktora öğrencisi arkadaşlarım ve araştırma görevlilerine;

Sevgi ve ilgilerini benimle paylaşan, sonsuz destekleri ve yardımlarıyla her zaman yanımda hissettiğim ikinci ailem annem Cemile Gültekin, babam Metin Gültekin ve kız kardeşim Dr. Ayça Gültekin Ulusan'a;

Eğitim hayatımın tümünde bana destek veren, aldığım kararlarda her zaman arkamda duran, sevgilerini benimle paylaşan ve bana güven duyan annem Hatice Türkaslan, babam Kemal Türkaslan ve kız kardeşlerim Betül Diker ve Hülya Kızıl'a;

Doktora çalışmamın her aşamasında en büyük yardım ve desteği gördüğüm, tecrübe, bilgi ve becerisiyle doktora hayatıma yön veren, her anımı benimle birlikte paylaşan, zorlukları birlikte göğüslediğim, sevgisini ve ilgisini her zaman yanımda hissettiğim sevgili eşim, arkadaşım Dr. Haldun Gültekin'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No:55196



İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI.....	İİ
BEYAN.....	İİİ
İTHAF.....	İV
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	Xİ
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ.....	xvi
ÖZET.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2.GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Adeziv Diş hekimliği.....	3
2.1.1. Adezyon.....	4
2.1.1.1. Yüzey Enerjisi.....	5
2.1.1.2. Islanabilirlik.....	6
2.1.1.3. Temas Açısı.....	6
2.2. Adeziv Restoratif Diş hekimliğinde Kullanılan Materyaller.....	7
2.3.Direk Adeziv Restoratif Materyaller.....	7
2.3.1. Dentin Bağlayıcılar.....	7
2.3.1.1. Dentin Bağlayıcı Sistemlerin Jenerasyonlara Göre Sınıflandırılması.....	8
2.3.1.2. Dentin Bağlayıcıların Adezyon Stratejilerine Göre Sınıflandırılması.....	11
2.3.1.3.Universal Adezivler.....	15
2.3.2. Kompozit Restoratif Materyaller.....	19
2.3.2.1. Terminoloji ve Tarihçesi.....	19
2.3.2.2. Kompozit Reçine Materyallerinin Yapısı.....	21
2.3.2.3.İnorganik Doldurucu Partikül Büyüklük ve Yüzdelere Göre	

Sınıflandırılması.....	24
2.3.2.4. Viskositelerine Göre Kompozit Reçinelerin Sınıflandırılması.....	27
2.3.2.5. Polimerizasyon Yöntemlerine Göre Kompozitlerin Sınıflandırılması.....	28
2.4. İndirek Adeziv Restoratif Materyaller.....	29
2.4.1. İndirek Kompozit Reçineler.....	29
2.4.2. CAD/CAM Sistemler ile Hazırlanan Restoratif Materyaller.....	31
2.4.2.1. CAD/CAM Sistemlerinin Avantajları.....	33
2.4.2.2. CAD/CAM Sistemlerinin Dezavantajları.....	33
2.4.2.3. CAD/CAM Sistemlerin Ticari Modelleri.....	34
2.5. CAD/CAM Sistemleri ile Kullanılan Materyaller.....	36
2.5.1. CAD/CAM Seramik Bloklar.....	37
2.5.2. CAD/CAM Kompozit Reçine Bloklar.....	38
2.5.3. CAD/CAM Hibrit Bloklar.....	40
2.5.3.1. Vita Enamic.....	40
2.5.3.2. GC Cerasmart.....	41
2.5.3.3. Lava Ultimate Restoratif.....	41
2.6. Tamir ve Yüzey Hazırlığı.....	43
2.6.1. Mekanik Yüzey İşlemleri.....	45
2.6.1.1. Asitle Pürüzlendirme.....	45
2.6.1.2. Frezle Pürüzlendirme.....	47
2.6.1.3. Kumlama.....	47
2.6.1.4. Lazer ile Pürüzlendirme.....	48
2.6.2. Kimyasal Yüzey İşlemleri.....	48
2.6.2.1. Silan Uygulaması.....	48
2.6.3. Mekanik ve Kimyasal Yüzey İşlemleri.....	49
2.6.3.1. Tribokimyasal Silika Kaplama.....	49
2.7. Metodoloji.....	51
2.7.1. Bağlanma Dayanım Testleri.....	51
2.7.1.1. Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Testi.....	51

2.7.2.AtomikKuvvet Mikroskobu.....	53
3.GEREÇ VE YÖNTEM.....	56
3.1.Nanoseramik Hibrit Reçine Örneklerinin Oluşturulması.....	65
3.1.1. Tribokimyasal Silika Kaplama(SC) Örneklerinin Oluşturulması.....	66
3.1.1.1.Tribokimyasal Silika Kaplama-Adper Single Bond 2 Grubu.....	66
3.1.1.2. Tribokimyasal Silika Kaplama-Scotchbond Universal Grubu.....	67
3.1.1.3. Tribokimyasal Silika Kaplama-Futurabond U Grubu.....	67
3.1.1.4. Tribokimyasal Silika Kaplama-Silan-Adper Single bond 2 Grubu.....	67
3.1.1.5.Tribokimyasal Silika Kaplama-Silan-Scotchbond Universal Grubu.....	68
3.1.1.6.Tribokimyasal Silika Kaplama-Silan- Futurabond U Grubu.....	68
3.1.2.Fosforik asit(H_3PO_4) ile Yüzey Pürüzlendirme Örneklerinin Oluşturulması...	69
3.1.2.1.Fosforik asit-Adper Single Bond 2 Grubu.....	70
3.1.2.2. Fosforik asit- Scotchbond Universal Grubu.....	70
3.1.2.3. Fosforik asit- Futurabond U Grubu.....	70
3.1.2.4. Fosforik asit-Silan-Adper Single bond 2 Grubu.....	71
3.1.2.5. Fosforik asit-Silan- Silan-Scotchbond Universal Grubu.....	71
3.1.2.6. Fosforik asit-Silan- Futurabond U Grubu.....	71
3.1.3.Elmas Frez ile Yüzey Pürüzlendirme(EP) Örneklerinin Oluşturulması.....	72
3.1.3.1.Elmas Frez –Adper Single Bond 2 Grubu.....	73
3.1.3.2. Elmas Frez -Scotchbond Universal Grubu.....	73
3.1.3.3. Elmas Frez -Futurabond U Grubu.....	74
3.1.3.4. Elmas Frez –Silan-Adper Single bond 2 Grubu.....	74
3.1.3.5.Elmas Frez-Silan-Scotchbond Universal Grubu.....	74
3.1.3.6. Elmas Frez -Silan- Futurabond U Grubu.....	75
3.1.4. Elmas Frez ve Fosforik asit(H_3PO_4) ile Yüzey Pürüzlendirme Örneklerinin Oluşturulması.....	76
3.1.4.1.Elmas Frezle Pürüzlendirme-Fosforik asit- Adper Single Bond 2 Grubu.....	76
3.1.4.2.Elmas Frezle Pürüzlendirme-Fosforik asit- Scotchbond Universal Grubu.....	76
3.1.4.3.Elmas Frezle Pürüzlendirme-Fosforik asit- Futurabond U Grubu.....	77

3.1.4.4.Elmas Frezle Pürüzlendirme-Fosforik asit- Silan-Adper Single bond 2 Grubu..	77
3.1.4.5.Elmas Frezle Pürüzlendirme-Fosforik asit- Silan-Scotchbond Universal Grubu.....	78
3.1.4.6.Elmas Frezle Pürüzlendirme-Fosforik asit- Silan-Futurabond U Grubu	78
3.1.5.Örneklerin Kompozit Materyali ile Tamiri ve Örneklere Termal Siklus İşleminin Uygulanması.....	79
3.1.6.Örneklerin Mikrogerilim Testi Öncesi Hazırlanması.....	80
3.2. Mikrogerilim Bağlanma Dayanımı Ölçümü.....	81
3.3.Kırılma Analizi Ölçümü.....	81
3.4. AFM Analizi.....	82
3.5. İstatistiksel Yöntem ve Değerlendirme.....	82
4. BULGULAR.....	84
5. TARTIŞMA.....	111
KAYNAKLAR.....	145
ÖZGEÇMİŞ.....	171

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1.CAD/CAM Sistemler İle Kullanılan Materyaller.....	36
Tablo 3-1: Çalışmada kullanılan restorasyon ve tamir materyallerin kimyasal içerikleri, üretici firmalar ve uygulama prosedürleri.....	56
Tablo 3-2: Çalışmada kullanılan dentin bağlayıcı ajanlar ve özellikleri.....	57
Tablo 3-3: Çalışmada kullanılan yüzey hazırlığı materyalleri ve özellikleri.....	59
Tablo 3-4: Çalışmanın Deney Aşamasında Kullanılan Cihazlar, Aletler ve Sarf Malzemeler.....	61
Tablo 4-1: Farklı Yüzey Hazırlığı Gruplarının Kullanılan Farklı Adeziv Gruplarına Göre Bağlanma Dayanım Değerleri.....	84
Tablo 4-2: Farklı Yüzey Hazırlığı Gruplarının Kullanılan Farklı Adeziv Gruplarına Göre Bağlanma Dayanım Değerlerinin Post-Hoc Karşılaştırma Sonuçları.....	87
Tablo 4-3: Tribokimyasal Silika Kaplama Grubunda; Farklı Tipte Bağlayıcı Ajanlara Göre Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri.....	89
Tablo 4-4: Tribokimyasal Silika Kaplama Grubunun Farklı Tipte Bağlayıcı Ajan Uygulanmalarına Göre Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerlerinin Post-Hoc Karşılaştırma Sonuçları.....	90
Tablo 4-5: Tribokimyasal Silika Kaplama Grubunun Silan uygulanan ve Silan uygulanmayan Gruplarına Göre Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri.....	91
Tablo 4-6: H ₃ PO ₄ ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunda Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri.....	92
Tablo 4-7: H ₃ PO ₄ ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunun Farklı Tipte Bağlayıcı Ajan Uygulanmalarına Göre Bağlanma Dayanım Değerlerinin Post-Hoc Karşılaştırma Sonuçları.....	93
Tablo 4-8: H ₃ PO ₄ ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunun, Farklı Tipte Bağlayıcı Ajanlarda; Silan uygulanan ve Silan uygulanmayan Gruplara Göre Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri.....	94
Tablo 4-9: Elmas Frez ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunda Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri.....	95

Tablo 4-10: Elmas Frez ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunun Farklı Tipte Bağlayıcı Ajan Uygulanmalarına Göre Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerlerinin Post-Hoc Karşılaştırma Sonuçları.....	96
Tablo 4-11: Elmas Frez ile Yüzey Pürüzlendirme Gruplarında Farklı Tipte Bağlayıcı Ajanlarda; Silan uygulanan ve Silan uygulanmayan Gruplarına Göre Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri.....	97
Tablo 4-12: EP+H ₃ PO ₄ ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunda Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri.....	98
Tablo 4-13: EP+H ₃ PO ₄ ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunun Alt Gruplarına Göre Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerlerinin Post-Hoc Karşılaştırma Sonuçları.....	99
Tablo 4-14: EP+ H ₃ PO ₄ ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunun Silan uygulanan ve Silan uygulanmayan Alt Gruplarına Göre MikrogerilimBağlanma Dayanım Değerler.....	100
Tablo 4-15: Gruplara Göre Adeziv/ Koheziv Kopma Oranlarının Dağılımı.....	101
Tablo 4-16: Ana ve Alt Gruplara Göre Adeziv/Koheziv Kopma Yüzeylerinin Dağılımı.....	103

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2-1: Lava Ultimate'ın SEM'de görünümü.....	42
Şekil 2-2: AFM probunun şematik görünümü.....	54
Şekil 3-1: Çalışmada kullanılan nanoseraamik reçine blok, Lava Ultimate,3M ESPE.....	57
Şekil 3-2: Çalışmada kullanılan tamir kompozit reçine, Filtek TM Z250, 3M ESPE.....	57
Şekil 3-3: Çalışmada kullanılan bağlayıcı ajan, Adper TM Single Bond 2, 3M ESPE.....	58
Şekil 3-4: Çalışmada kullanılan bağlayıcı ajan, Scotchbond TM Universal, 3M ESPE.....	58
Şekil 3-5: Çalışmada kullanılan bağlayıcı ajan, Futurabond U, VOCO.....	58
Şekil 3-6: Çalışmada yüzey hazırlığı aşamasında kullanılan CoJet TM Sand, 3M ESPE.....	60
Şekil 3-7: Çalışmada yüzey hazırlığı aşamasında kullanılan Scotchbond Etchant, 3M ESPE.....	60
Şekil 3-8: Çalışmada yüzey hazırlığı aşamasında kullanılan yeşil bantlı silindirik elmas frez(Gren boyutu:150 µ).....	60
Şekil 3-9: Çalışmada yüzey hazırlığı aşamasında kullanılan silan coupling ajan, ESPE TM Sil, 3M ESPE.....	60
Şekil 3-10: Çalışmada Kullanılan Buehler Isomet 1000 cihazı.....	62
Şekil 3-11: Çalışmada Kullanılan Buehler Elmas Bıçak Disk.....	62
Şekil 3-12: Çalışmada Kullanılan Buehler MetaServ 250 cilalama cihazı.....	62
Şekil 3-13: Çalışmada Kullanılan 600 gritlik silikon karbid kağıt.....	63
Şekil 3-14: Çalışmada Kullanılan Optilux 501.....	63
Şekil 3-15: Çalışmada Kullanılan termal siklus cihazı.....	63
Şekil 3-16:Çalışmada kullanılan Mikrogerilim test cihazı.....	63
Şekil 3-17: Çalışmada Kullanılan Siyanoakrilat Yapıştırıcı.....	64
Şekil 3-18: Çalışmada Kullanılan Olympus SZ61 Stereomikroskop.....	64

Şekil 3-19: Çalışmada Kullanılan AFM Cihazı.....	64
Şekil 3-20: Nanoseramik bloğun akrilik bloğa sabitlenmesi ve kesilmesi.....	65
Şekil 3-21:Nanoseramik reçine blok materyalinin yatay olarak kesilmesi.....	65
Şekil 3-22: Nanoseramik reçine blok materyalinin ortadan kesilmesi.....	65
Şekil 3-23: Nanoseramik reçine blok materyalinden elde edilen prizmalar.....	65
Şekil 3-24: Lava Ultimate örneklerle tribokimyasal silika işlemi uygulanması.....	66
Şekil 3-25: Tribokimyasal silika kaplama işlemi ve grupların bağlayıcı ajanlarla görünümü.....	69
Şekil 3-26: Lava Ultimate örneklerle fosforik asitle yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanması.....	69
Şekil 3-27: Fosforik asitle yüzey pürüzlendirme işlemi ve grupların bağlayıcı ajanlarla görünümü.....	72
Şekil 3-28: Lava Ultimate örneklerle elmas frezle yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanması.....	73
Şekil 3-29: Elmas frezle yüzey pürüzlendirme işlemi ve grupların bağlayıcı ajanlarla görünümü.....	75
Şekil 3-30: Şekil 3-31: Lava Ultimate örneklerle elmas frezle yüzey pürüzlendirme işlemi ve takiben fosforik asit uygulanması.....	76
Şekil 3-32: Elmas frez ve fosforik asit (EP+H ₃ PO ₄) ile yüzey pürüzlendirme işlemi ve grupların bağlayıcı ajanlarla görünümü.....	79
Şekil 3-33: Lava Ultimate örneklerle tamir materyali yerleştirilmesi öncesi çevresel matriks ile çepeçevre Sarılması.....	80
Şekil 3-34: Hazırlanan numunelerin termal siklus cihazındaki görüntüsü.....	80
Şekil 3-35:Numunenin sirkolan mum yardımıyla akrilik bloğa sabitlenmesi.....	80
Şekil 3-36:Şekil 3-37: Numunelere yapılan kesim işlemi sonucu çubuk elde edilmesi.....	81
Şekil 3-38: Mikrogerilim test aparatı.....	81
Şekil 3-39: Mikrogerilim test aygıtı.....	81

Şekil 3-40: Şekil 3-41 Şekil 3-42: AFM cihazına numunelerin yerleştirilmesi.....	82
Şekil 4-1: Tribokimyasal Silika Kaplama Grubunda Alt Grupların Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri.....	92
Şekil 4-2: H_3PO_4 ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunda Alt Grupların Bağlanma Dayanım Değerleri.....	95
Şekil 4-3: Elmas Frez ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunda Alt Grupların Bağlanma Dayanım Değerleri.....	98
Şekil 4-4: EP+ H_3PO_4 ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunda Alt Grupların Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri.....	101
Şekil 4-5: Lava Ultimate ve kompozit reçine yüzeyinde adeziv kopma.....	104
Şekil 4-6: Kompozit reçine yüzeyinde gözlenen koheziv kopma.....	105
Şekil 4-7: Lava Ultimate blok yüzeyinde gözlenen koheziv kopma.....	105
Şekil 4-8 :Tribokimyasal silika uygulanan Lava Ultimate örnek yüzeyinin AFM’de 3 boyutlu görüntüsü.....	106
Şekil 4-9:Tribokimyasal silika uygulanan Lava Ultimate yüzeyinin AFM’de 2 boyutlu görüntüsü.....	107
Şekil 4-10: Fosforik asit kullanılarak yüzey pürüzlendirilmesi yapılan Lava Ultimate yüzeyinin AFM’de 3 boyutlu görüntüsü.....	107
Şekil 4-11: Fosforik asit kullanılarak yüzey pürüzlendirilmesi yapılan Lava Ultimate yüzeyinin AFM’de 2 boyutlu görüntüsü.....	108
Şekil 4-12: Elmas frez kullanılarak yüzey pürüzlendirilmesi yapılan Lava Ultimate yüzeyinin AFM’de 3 boyutlu görüntüsü.....	108
Şekil 4-13: Elmas frez kullanılarak yüzey pürüzlendirilmesi yapılan Lava Ultimate yüzeyinin AFM’de 2 boyutlu görüntüsü.....	109
Şekil 4-14:Elmas frez ve fosforik asit kullanılarak yüzey pürüzlendirilmesi yapılan Lava Ultimate yüzeyinin AFM’de 3 boyutlu görüntüsü.....	110
Şekil 4-15: Elmas frez ve fosforik asit kullanılarak yüzey pürüzlendirilmesi yapılan Lava Ultimate yüzeyinin AFM’de 2 boyutlu görüntüsü.....	110

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

μ : Mikron

μm : Mikrometre

μm^2 : Mikrometrekare

10-MDP: 10-Metakriloiloksidesil dihidrojen fosfat

4-MET: 4-Metakriloksietil trimellitik asit

4-META 4-Metakriloksietil trimellitat anhidrit

AFM: Atomik Kuvvet Mikroskobu (*Atomic Force Microscopy*)

AFP: Asidüle fosfat florür

Al_2O_3 : Alüminyum trioksit

BIS-EMA: Bis-etilen glikol dimetakrilat

Bis-GMA: Bisfenol A-glisidil metakrilat

BPDM: Bifenil dimetakrilat

$^{\circ}\text{C}$: Santigrat derece

Ca^{++} : Kalsiyum

CAD/CAM: Computer aided design-Computer aided manufacturing (Bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim)

CSD: Computer surface digitization

dk: Dakika

EDMA: Etilen glikol dimetakrilat

EP: Elmas frezle pürüzlendirme

GPDM: Gliserofosforik asit dimetakrilat

H_3PO_4 : Fosforik asit

HEMA : Hidroksietil metakrilat

HF: Hidroflorik asit

ISO: International Organization for Standardization

kHz: Kilohertz

MDP: Metakriloksidesil dihidrojen fosfat

mm/dk : Milimetre/dakika

Mm: Milimetre

mm^2 : Milimetrekare

MMA: Metil metakrilat

MPa: Megapaskal

MPS: 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane

N/mm² : Newton/milimetrekare

nm: Nanometre

NPG-GMA: N-fenilglisin glisidilmetakrilat

OH: Hidroksil

p: İstatistiksel anlamlılık düzeyi

PENTA: dipentaeritritol penta akrilat monofosfat

phenyl-P: 2-metakriloksi etil fenil hidrojen fosfat

RNC: Resin Nano Ceramic

SC: Tribokimyasal silika kaplama

SEM: Taramalı elektron mikroskop (*Scanning Electron Microscopy*)

SiO₄ : Silisyum oksit

Sn: Saniye

TEGDMA: Trietilen glikoldimetakrilat

TZP: Tetragonal zirkonyum polikristalleri

UDMA: üretan dimetakrilat

UV: Kızıl ötesi

Y-TZP: Yitriumstabilize tetragonal zirkonyum polikristalleri

ZrO₂ : Zirkonyum oksit

ÖZET

Gültekin, Mürşide. (2017). Nanoseramik Reçine Materyalinin Farklı Yüzey Hazırlıkları Sonrasında Farklı Bağlayıcı Ajanlarla Tamir Potansiyelinin Karşılaştırılarak Değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Restoratif Diş Tedavisi ABD. Doktora Tezi. İstanbul.

Çalışmamızın amacı nanoseramik reçine blok materyalinin farklı yüzey hazırlığı uygulamaları sonrasında farklı bağlayıcı ajanlar kullanılarak kompozit materyali ile tamirinin mikrogerilim bağlanma dayanımının kantitatif kalitatif açıdan değerlendirilmesidir. 5mmx5mmx5mm boyutlarında hazırlanan CAD/CAM nanoseramik blok (Lava Ultimate) örnekleri tribokimyasal silika kaplama, fosforik asitle yüzey pürüzlendirme, elmas frezle yüzey pürüzlendirme ve elmas frezle yüzey pürüzlendirmeyi taliben fosforik asit uygulaması olarak yüzey hazırlığı için 4 farklı gruba ayrılmıştır. Farklı yüzey hazırlığı uygulanan ana grup sonrasında etch&rise bağlayıcı ajan Adper Single Bond 2 ve farklı monomerlere sahip 2 üniversal bağlayıcı ajan Scotchbond Universal ve Futurabond U uygulaması ile aynı materyallerin ilave silan ile uygulanacağı 6 alt grup olarak toplamda 24 deney grubuna ayrılmıştır. Bloklar sonrasında mikrohibrit (Z250, 3M, ESPE) kompozit reçine ile tamir edilmişlerdir. 5-55 C° arasında 1000 termal siklus işlemi uygulanan örnekler sonrasında 1 mm² yüzey alanı elde edilecek şekilde Isomet cihazında çubuklar halinde kesilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde One-way ANOVA ve Bonferroni post-hoc test kullanılmıştır. Lava Ultimate yüzeyine dört farklı yüzey hazırlık metodu uygulandığında istatistiksel olarak en düşük mikrogerilim bağlanma dayanımını fosforik asitle yüzey pürüzlendirme grubu en yüksek mikrogerilim bağlanma dayanımı değerlerini ise elmas frezle yüzey pürüzlendirme grubu vermiştir. İstatistiksel olarak en düşük mikrogerilim bağlanma dayanımı tüm yüzey hazırlıklarında Adper Single Bond 2'nin bağlayıcı olarak kullanıldığı gruplarda bulunmuştur. Çalışmamızda Universal adezivlerin tamir ve farklı materyallere bağlanma endikasyonu açısından silan ile kullanıldığında daha yüksek sonuçlar verdiği saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: CAD/CAM, nanoseramik reçine, yüzey hazırlığı, universal adeziv, mikrogerilim bağlanma dayanımı

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından Proje No: 55196 ile desteklenmiştir.

ABSTRACT

Gültekin, Mürşide. (2017). Comparison of repair potentials after different surface pretreatments of resin nanoceramic materials with different bonding agents. İstanbul University, Institute of Health Science, Restorative Dentistry Department, Doctorate Thesis. İstanbul.

The aim of our study is to evaluate quantitatively qualitatively of the microtensile bond strength of the composite material with different bonding agents after different surface pretreatments applications of the resin nanoceramic block material. Specimens of CAD / CAM nanoceramic block (Lava Ultimate) prepared in dimensions of 5mmx5mmx5mm are divided into 4 different groups for surface pretreatments as tribochemical silica coating, phosphoric acid surface roughing, diamond bur surface roughening and diamond bur surface roughening phosphoric acid application. There are four main groups to which surface preparation is applied; the etch & rise bonding agent Adper Single Bond 2 and two universal bonding agents Scotchbond Universal and Futurabond U were applied and divided into 6 subgroups for a total of 24 experimental groups to be applied with the additional silane. Then blocks were repaired with microhybrid (Z250, 3M, ESPE) composite resin. The samples which subjected to 1000 thermal cycles between 5-55 ° C then cut into bars on the Isomet so that a surface area of 1 mm² could be obtained. One-way ANOVA and Bonferroni post-hoc test were used in the evaluation of the data. When four different surface preparation methods were applied to Lava Ultimate surface, diamond bur surface roughening group was the highest values of microtensile bond strength. The phosphoric acid surface roughening group was the lowest values of microtensile bond strength. Statistically, the lowest microtensile bond strength was found in the groups which Single Cross used in all surface preparations. In our study, Universal adhesives which used with silane, were found to give higher results in terms of indications of repair and attachment to different materials.

Key Words: CAD/CAM, nanoceramic resin, surface treatment, universal adhesive, microtensile bond strenght

The present work was supported by the Research Fund of Istanbul University. Project No:55196



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Günümüzde bilgisayar destekli tasarım ve üretim teknolojisini kullanan CAD/CAM (Computer aided design/ Computer aided manufacturing) sistemlerle üretilen dental materyaller yüksek nitelikli özelliklerinden dolayı indirek restorasyon materyalleri daha yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Edelhoff ve ark. 2012). CAD/CAM sistemler ile millenerek kullanılan reçine esaslı bloklardan elde edilen restorasyonlar yüksek basınç ve ısı altında polimerize olan, yüksek fiziksel ve mekanik özelliklere sahiptirler. Reçine esaslı blok materyaller geleneksel tekniklerle polimerize olan reçine materyallere kıyasla biyomekanik direnç açısından yapılan çalışmalarda daha başarılı sonuçlar sergilemektedirler (Alt 2011).

Reçine esaslı CAD/CAM blok materyal arasında yer alan reçine nanoseramik bloklar kompozit ve seramik karışımı yapıda olup, yüksek kırılma direncine, yüksek cilalanabilme ve estetik özelliklere sahiptir. Bu materyallar yapısında %80 polimerik matriks içine gömülü nanoseramik partiküller bulunur. Nano dolduruculu kompozit reçine blokların yapısının toplam ağırlığının % 80'ini 4-11 nm çapında zirkon ve yaklaşık 20 nm çapındaki silika doldurucular oluşturur ve ayrıca yapı içerisinde, silanize ajanlar ile nanomerler bulunmaktadır. Materyal yapısı içerisindeki reçine ve nanoseramik yapılar içerikte bulunan silan aracılığı ile kimyasal bütünlük oluşturmaktadır. (Stawarczyk ve ark. 2012; Stawarczyk ve ark. 2013).

Reçine esaslı kompozit materyallerin tamirleri üzerine birçok farklı yüzey hazırlığı tekniği içeren çeşitli protokoller bilimsel çalışmalarda irdelenmiştir.(Lucena-Martín ve ark. 2001; Brentel ve ark. 2007; Ozcan 2002). Reçine kompozit materyallerin tamiri, kompozit yüzeyinde mikromekanik ve/veya fizikokimyasal değişiklikler oluşturacak hazırlıklar ile materyalin adezyon kapasitesinin artırılması esasına dayanır.Yüzey hazırlıkları; yüzeyin pürüzlendirilmesi, tribokimyasal silika ile pürüzlendirme ve kaplama, yüzeyde mikro-mekanik pürüzlendirme yapmak amacıyla hidroflorik asit ya da ortofosforik asit ile asitleme veya kompozit yüzeyine asitleme ve pürüzlendirme sonrası kimyasal bağlanma elde etmek üzere yüzeyin silanlanması şeklinde farklı protokoller ile sağlanabilir. Yüzey hazırlığı yapılan kompozit yüzeyine tamir materyali olan kompozit reçinenin optimal koşullarda bağlanmasını sağlamak amacıyla yüzeye silan uygulaması önerilen bir diğer aşamadır. Son yıllarda indirek

restorasyon materyallerinin adeziv simantasyonunda kullanılan asidik özellikli fosfat monomerlerin yanı sıra yapısında silan da içeren bağlayıcı ajanlar gerek diş dokularına ideal adezyonun elde edilmesi, gerek mine ve dentin dokularına teknik hassasiyetinin azalmasına imkan sağlamaları nedeniyle geniş kullanım alanları sağlamaktadır (Kukiattrakoon ve ark. 2012; Yesilyurt ve ark. 2009; Staxrud ve ark. 2011; Da Costa ve ark. 2012).

Dijital uygulamalar ile diş sert dokularının daha fazla korunmasına imkan sağlayan adeziv restorasyonların kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Nanoseramik yapılı kompozit bloklardan elde edilen restorasyonların klinik performansının sürekliliğinde ortaya çıkan sorunların tamirinde universal dentin bağlayıcı ajanların kullanılması öngörülmekte olup; yapılacak çalışma ile konu ile ilgili literatüre katkı sağlanabileceği düşünülmektedir.

Tezimizin amacı CAD/CAM teknolojisi ile hazırlanan reçine nanoseramik bloklardan elde edilen örneklerin farklı yüzey hazırlığı işlemleri sonrasında silan içeren ve içermeyen dentin bağlayıcı ajanlar kullanılarak kompozit materyali ile tamir potansiyelinin in-vitro mikrokerilim değerleri açısından karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. ADEZİV DİŞ HEKİMLİĞİ

Günümüzde operatif diş hekimliği temel olarak minimal invaziv prensipleri içermekte olup bu durum kayıp ya da hastalıklı diş dokusunun yerini sağlıklı dokuya doğrudan bağlanan restoratif materyaller ile restore edilmesini sağlamaktadır. Restorasyon kenarlarında gözlenen renk değişikliği gibi nedenlerle restorasyonun değiştirilmesi yerine koruma ve tamirle mevcut restorasyonun yerinde sürekliliğinin korunması minimal invaziv yaklaşımlı adeziv tekniklerin kullanımını arttırmaktadır. Bu amaçla diş renginde restoratif materyaller ile kullanılan adeziv teknikler sıklıkla tercih edilmektedir (Helvey 2011).

Gün geçtikçe gelişen teknoloji ile beraber restoratif diş hekimliği uygulamalarında kullanılan materyallerin klinik performanslarının başarısı veya başarısızlığı bu alanda adeziv diş hekimliğinin gelişimine katkı sağlayan faktörlerin başında gelmektedir. Kullanılan materyallerin başarısı, başarısızlığı, kullanım oranları günümüzde adeziv diş hekimliğinin gelişimine katkı sağlamıştır. 1970’li yıllarda restoratif diş hekimliği uygulamaları anterior dişlerin diş renginde silikat ya da metakrilat materyalleriyle; posterior dişlerin ise altın inleyler ya da amalgam restorasyonlarla restore edilebildiği oldukça basit yapılı materyallerin sunduğu endikasyon alanı ile sınırlıydı. Restorasyonların retansiyonu ise ağırlıklı olarak mekanik olup keskin kenar ve undercutlar içeren Black’in rezistans ve retansiyon prensipleri dahilinde, döner enstrümanların şekillendirilmesi ile uygulanabilmekteydi.

İlk dental adeziv 1949 yılında İsveçli Oskar Hagger tarafından Detrey/Amalgamed Dental Company firması tarafından Sevruton Cavity Seal ismi ile geliştirilmiştir. Bu ürün gliserolfosforik asit dimetakrilat yapısında olup dentin yüzeyine penetre olabilen bir adeziv olarak lanse edilmiştir. Söz konusu monomerin dentin yüzeyine penetrasyonu günümüzde hibrit tabaka olarak adlandırılan adezyonun gerçekleştiği yapının öncüsü olarak gösterilebilir (Söderholm 2007).

1955 yılında Dr. Michael Buonocore, mine yüzeyini akrilik yapıya sahip diş renginde dolgu materyali ile bağlanmasını sağlamak için mine yüzeyini % 85’lik

fosforik asit kullanarak pürüzlendirmeyi amaçlamıştır (Söderholm 2007). ‘Adeziv diş hekimliğinin öncüsü’ olarak adlandırılan Buonocore’un bu buluşu minenin 30 saniye boyunca % 85’lik fosforik asitle muamelesi sonucunda mine yüzeyi ve akrilik dolgu materyali arasında adezyonun arttığının kanıtı olarak gösterilmektedir. Asit uygulaması sonucunda minenin organik yapısının değiştiğini, yüzey alanında artış meydana geldiğini ve yüksek polariteye sahip fosfat gruplarının açığa çıktığını tespit etmiştir (Buonocore 1955).

Adeziv restoratif diş hekimliği Buonocore’un öncülüğünde 1955 yılında asitle pürüzlendirilmiş mine yüzeyine bonding reçine uygulanmasıyla ortaya çıkmış ve ilerleyen zamanlarda adeziv material ve teknikler hızla gelişmeye başlamıştır (Tyas ve ark. 2004). Asitle pürüzlendirme tekniğini tanıtılmasıyla birlikte restoratif diş hekimliğinde bir devrim yaşanmış diş dokuları ve restorasyonlar arasında güçlü bir bağlantı kurulabilmiştir (Buonocore 1955).

Bağlanma tekniklerinin tarihçesi, diş hekimliğinde dikkate değer bir dönemi temsil etmektedir. Diş yapısı ile direk ve indirek restoratif materyallerin etkileşimi ve çeşitli adeziv materyallerin kimyasal ve fiziksel bileşenlerini anlamak adeziv diş hekimliğinin başarısında büyük bir öneme sahiptir. Farklı bağlayıcı ajanların ve tekniklerinin kullanımı, günümüzde minenin yüksek bağlanma dayanımının halen gold standart olarak kabul edilmesinin yanı sıra dentin adezyonunda da optimal bağlanma performansının elde edilmesine imkan sağlayan yeni materyallerin geliştirilmesine yol açmıştır (Helvey 2011).

2.1.1. ADEZYON

Adezyon birbirleri ile tam temas durumundaki farklı türden iki maddenin molekülleri arasındaki çekim kuvveti olarak tanımlanmakta ve Latince ‘adhaerere’ (yapışmak) kelimesinden gelmektedir. Kohezyon ise aynı türden maddeyi oluşturan molekülleri bir arada tutan kuvveti tanımlamaktadır. Adezyonu sağlamak için kullanılan akışkan/sıvı materyale ‘adeziv’, adezivin uygulandığı katı materyal ise ‘adherent’ olarak adlandırılır. Adezyon, bir materyalin (adeziv) bir diğeri ile (adherent) katı veya sıvı etkileşiminin tek bir ara yüzde toplanması ile oluşmaktadır (Robertson 2006).

Bir adeziv genelde visköz sıvı bir materyal halinde olup iki yapıyı birbirine bağladıktan sonra bir yüzeyden diğerine yük aktarabilir bir hale gelebilir. Adezyon ve

adeziv kuvvet, adeziv bir birleşkenin bağlanma kuvvetlerinin ölçüsüdür (Akinmade ve ark. 1993).

Adeziv bağlanmanın gerçekleşebilmesinde dört farklı adezyon mekanizması tanımlanmıştır (Allen 1992).

1. Mekanik adezyon: Adezivin, bağlanma sağlanacak yapıya (substrat) veya bağlanılacak materyalin(adherent) yüzeyindeki düzensizlikler içerisine kenetlenmesidir.
2. Adsorbsiyon adezyonu: Adhesiv ve adherent arasındaki kimyasal bağlanmadır. Bu bağlanmayı sağlayan kuvvetler primer (iyonik ve kovalent) veya sekonder (hidrojen bağları, iki kutuplu etkileşim veya Van der Waals bağları) kuvvetler olabilir.
3. Diffüzyon adezyonu: İki polimerin, ara yüzdeki polimer zincir uçlarının difüzyonu vasıtasıyla gerçekleştirdiği, hareketli moleküller arasındaki bağlanmadır.
4. Elektrostatik adezyon: Bütün bağlanma mekanizmasının bir parçası olarak, bir metal ile polimerin ara yüzeyindeki çift katlı elektriksel tabakadır (Robertson 2006).

İki materyal arasındaki adezyonun sağlanabilmesi ve bu bağlantının uzun süreli olması için gerekli özelliklerden en önemlisi yüzeylerin birbirleriyle yakın bir temas içinde olmasıdır. Adezivin adherent ile yakın teması; yüzeylerin temizliğine, yüzeylerin ıslanabilirliğine, adezivin viskozitesine, adherentin yüzey özellikleri ve pürüzlülüğüne bağlıdır. Adezyonu etkileyen

- yüzey enerjisi
- ıslanabilirlik
- temas açısı olmak üzere başlıca üç faktör vardır (Phillips 1991).

2.1.1.1. Yüzey enerjisi:

Yüzeyin birim alanındaki enerji artışı yüzey enerjisi veya yüzey gerilimi olarak adlandırılır. Katı fazda bulunan maddelerin iç kısmındaki atomlar birbirine eşit mesafede ve enerji seviyeleri en az düzeydedir. Maddenin dış yüzeyinde bulunan atomlar ise tüm yönlerde eşit olarak çekime maruz kalmadıklarından yüzeyindeki enerjileri daha fazladır. Bu durum, katının serbest yüzey enerjisi olarak bilinmektedir. Sıvı fazdaki adezivlerde de aynı katılarda olduğu gibi serbest yüzey enerjisi mevcuttur.

Serbest yüzey enerjisinin sıvılarda geçerli olan bu özel durumu yüzey gerilimi olarak da adlandırılmaktadır. Yüzey enerjisi sayesinde adeziv ve adherent arasında önce Van der Waals kuvvetleri, yeterli yakınlık sağlandıktan sonra ise kimyasal bağlanma gerçekleşir. Adherentin serbest yüzey enerjisi ne kadar yüksekse adezyon kapasitesi de o kadar yüksek olacaktır (Nayır 1999; O'Brien 2008; Zaimoğlu 2004).

2.1.1.2. Islanabilirlik:

İki materyalin birbirine daha iyi tutunabilmesinde bir materyalin diğerini yeterli oranda orteabilmesi ve olabilecek en yakın kontağın (temasın) sağlanması gerekmektedir. İyi bir adezyon elde etmek için, sıvının tüm yüzey boyunca kolayca yayılabilmesi gerekir ve bu durum ıslanabilirlik olarak adlandırılır. Şayet sıvı yüzeyi ıslatamaz ise sıvı ve yüzey arasındaki adezyon ihmal edilebilir ya da yok sayılabilir. Bir adezivin ıslatabilirliği, uygulandığı yüzeyle mümkün olan en yakın kontağa ulaşabilmesine bağlıdır. Böylelikle, adherent materyalin yüzey enerjisinin o kadar yüksek ve adeziv materyalin ise o kadar düşük bir viskoziteye sahip olması sağlanmış olur. Islanabilirlik, adherent yüzeyin durumundan da etkilenebilir. Bu nedenle adezivin uygulanmasından önce, materyal yüzeyinin pürüzlülüğünün giderilmesi ve yüzeyin çok iyi bir şekilde temizlenmesi gibi hazırlıklar önerilir. Islanabilirlik, adeziv ve adherentin yüzey gerilimleri arasındaki farklılığa bağlıdır. Eğer adezivin yüzey enerjisi, adherent materyalinkinden daha az ise, adeziv tarafından yeterli bir ıslatma meydana gelebilmektedir (Phillips 1991; Robertson 2006).

2.1.1.3. Temas açısı:

Adeziv ve aderentin ara yüzeyinde adeziv tarafından oluşturulan açıya verilen isimdir. Materyale uygulanan adeziv molekülleri aderent molekülleri tarafından kendi moleküllerinden daha fazla çekilirse sıvı olan adeziv, materyal üzerine tam olarak yayılır ve bir temas açısı oluşmaz. Bu nedenle adezyon kuvvetleri adeziv moleküllerini bir arada tutan koheziv kuvvetlerden daha büyüktür. Islanabilirlik; bir sıvı damlasının katı yüzey üzerinde oluşturduğu temas açısı ile ölçülür. İdeal olarak ıslanabilirliğin gerçekleşebilmesi için, temas açısının 0 dereceye yakın olması gerekir (Phillips 1991).

Sıvı fazdaki adezivin, katı adherent yüzeyine yayılabilmesi ve onu ıslatabilmesi için yüzey geriliminin, adherentin serbest yüzey enerjisinden daha düşük olması gerekir. Adezivin yüzey gerilimi düşük olursa; temas açısı azalır, yüzey üzerinde daha iyi yayılır

ve yüzeyi daha iyi ıslatarak daha güçlü bir adezyon oluşturur (Phillips 1991; Robertson 2006).

2.2. Adeziv Restoratif Diş Hekimliğinde Kullanılan Materyaller

Günümüzde dişlerin restorasyonunda reçine esaslı materyaller başta olmak üzere birçok farklı materyal kullanılabilmektedir. Araştırmacılar bir yandan restoratif materyallerin fiziksel, kimyasal, mekanik ve biyolojik özelliklerinin geliştirilmesine diğer yandan bu materyallerin sert dokularına daha kuvvetli şekilde bağlanması konusuna ağırlık vermişlerdir. Kullanılacak materyalin seçiminde diş, çevre dokular, hastaya bağlı faktörler ve restoratif materyalin özellikleri gibi birçok etken rol oynarken optimum özelliklere sahip bir restoratif materyal ise henüz üretilmemiştir (Zorba ve ark. 2007).

İdeal bir restoratif materyalden beklenen özellikler:

- Diş sert dokularına adezyonu optimal olmalı
- Ağız içindeki çiğneme kuvvetlerine karşı dayanıklı olmalı
- Kavite duvarlarına adaptasyonu iyi olmalı, hacimsel değişikliğe uğramamalı
- Biyouyumlu olmalı, diş eti ve periodontal dokulara karşı iritan olmamalı
- Ağız sıvılarından ve alınan gıdalardan etkilenmemeli ve yapısal olarak değişikliğe uğramamalı
- Özellikle anterior dişlerde kullanılan materyaller estetik olmalı
- Isı ve elektriği iletmemeli, galvanik akıma neden olmamalı
- Radyopak olmalı
- Uygulaması ve gerektiğinde sökülmesi kolay olmalıdır.

Restoratif diş hekimliğinde kullanılan materyaller uygulama tekniklerine göre direk uygulanan ve indirek uygulanan restoratif materyaller olarak ikiye ayrılırlar.

2.3. Direk Adeziv Restoratif Materyaller:

2.3.1. Dentin Bağlayıcılar

Dentin bağlayıcı sistemler, reçine monomerlerinden oluşan, restoratif materyal ile diş dokusunu monomer yapılı adezivin polimerizasyonu sonucu birbirine bağlayan materyallerdir. Adezyon iki yüzey arasında oluşurken dental adezyon mine-dentin yüzeyinin-bağlayıcı sistemler ile kompozit, porselen, amalgam gibi daha kompleks

yapılar arasında da gerçekleşen bağlanma olarak tanımlansa da adeziv restorasyonlarda klinik başarı kullanılan bağlayıcı sistem ve uygulama tekniğine bağlı olarak değişmektedir (Perdigão 2007).

Günümüz adeziv diş hekimliğinde, dentin bağlayıcılar beraber kullanıldıkları kompozitlerin tutuculuğunu arttırmak ve polimerizasyon büzülmesi sonucu ortaya çıkabilecek adezyonu tehdit eden kuvvetlere direnç gösterebilecek ve mikrosızıntıyı önlemek amacıyla da uygulanırlar (Sancaklı 2010). Dentin bağlayıcılar diş sert dokularının yanında farklı restoratif materyal yüzeyine bağlanabilmektedirler.

2.3.1.1. Dentin Bağlayıcı Sistemlerin Jenerasyonlara Göre Sınıflandırılması

Dentin bağlayıcı sistemler için daha önceleri en sık kullanılan sınıflama kronolojik ya da jenerasyon adı altında yapılan sınıflamadır. Birinci jenerasyon dental adezivler; 1949 yılında Oskar Hagger isimli kimyager tarafından ‘Sevriton Cavity Seal’ isimli bir dentin bağlayıcı ajanın geliştirilmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Gliserofosforik asit dimetakrilat ve metakrilik asitten oluşan Sevriton Cavity Seal, diş yüzeyine kimyasal olarak bağlanan ilk ürün olma özelliğine sahip olmuştur (Buonocore 1955).

Buonocore ve arkadaşları gliserofosforik asidin kullanımıyla dimetakrilat içeren reçinenin asitlenmiş mine yüzeyine bağlanabildiğini saptamıştır. Bifonksiyonel reçine molekülüyle hidroksiapatitin kalsiyum iyonları arasındaki etkileşim sonucu bağlanmanın gerçekleştiği düşünülmüştür. Daha sonra Bowen, N-fenilglisin glisidilmetakrilatı (NPG-GMA) kullanarak bu molekülün bir ucunun dentine bir ucunun kompozit reçineyle bağlanması test edilmiştir. Birinci nesil dentin bağlayıcıların esasını oluşturan bu ürünler hidrofobik oldukları için bağlanma dayanıklılıkları oldukça düşüktür. Yapılan klinik çalışmalarda dentin adezyonu artmış fakat bağlantı yetersiz bulunmuştur. 1–3 MPa bağlanma direncine sahip bu birinci nesil dentin bağlayıcılar yüksek polimerizasyon büzölmeleri ve ağız ortamında çözönmeleri sebebiyle klinik olarak başarısız performans sergilemişlerdir (Söderholm 2007).

1970’li yılların sonunda ana maddesi doldurucusuz reçinenin bisfenol A-glisidil metakrilat (Bis-GMA) veya hidroksietil metakrilat (HEMA) olan ikinci jenerasyon dentin bağlayıcı ajanlar üretilmiştir. İkinci jenerasyon dentin bağlayıcılar reçine içerisindeki negatif yüklü klorofosfat grupları ile smear tabakasındaki pozitif yüklü kalsiyuma iyonik bağlanırlar ve kollajen ve smear tabakasına bağlanma özelliğinden dolayı bu bağlayıcılar ile 10 MPa’dan fazla bağlanma dayanıklılığı gözlenmiştir. Bu

jenerasyon dentin bağlayıcıların bağlanma dayanıklılığı kompozitin polimerizasyon büzülmesine karşı koyabilecek yeterlilikte direnç sağlayamayacak restorasyonların genellikle dentinden ayrıldığı ve restorasyon kenarlarında aralık olduğu bildirilmiştir. Birinci nesil dentin bağlayıcılar ile kıyaslandığında bu sistemler daha gelişmiş olmasına rağmen bu gruptaki sistemlerin zayıf bağlanmasının esas nedeni olarak dentin yerine smear tabakasına tutunduğu ileri sürülmüştür (Barkmeier ve ark. 1992; Van Meerbeek ve ark. 2001).

1980'lerin sonlarına doğru Amerika'da tanıtılan üçüncü jenerasyon dental adezivler, dentinin asitle pürüzlendirilip smear tabakasının modifiye edilmesi ya da tamamen ortadan kaldırılması esasına dayanmaktadır. Bu sistemde smear tabakasını modifiye etmek veya kaldırmak için kullanılan zayıf asit solüsyonları dentinin geçirgenliğini artırarak reçinenin açılmış dentin tübüllerine penetre olmasını sağlamaktadır. Primer olarak genellikle 4-Metakriloksietil trimellitat anhidrit (4-META) ve bifenil dimetakrilat (BPDM) içeren solüsyonlar ve bağlayıcı olarak genellikle Bis/GMA ve HEMA içeren reçine solüsyonlar uygulanmaktadır (Torney 1978; Van Dijken 1986). Üçüncü jenerasyon dentin bağlayıcılar da bağlanmanın ana mekanizması inter, intra ve peritübüler dentine mikromekanik bağlanmanın gerçekleşmesi şeklindedir. Üçüncü jenerasyon dentin bağlayıcı sistemlerde dentine bağlanma kuvvetleri 10-14 MPa arasında olup diğer iki jenerasyon adeziv sistemlere göre bir artış elde edilmiştir (Söderholm 2007).

Klinik olarak, üçüncü jenerasyon dental adezivler, birinci ve ikinci kuşağa göre dentindeki mikrosızıntıyı azaltmada daha başarılı olsalar da tamamen elimine edememişlerdir (Söderholm 2007; Davangac 2000).

1990'lı yılların başında geliştirilen 4. jenerasyon dentin bağlayıcılarla smear tabakası tamamen kaldırılmış ve dentine yüzey hazırlayıcı ajanlarla işlem yapılmasının takiben dentin yapısına hidrofilik ve heterojen primerlerin uygulanmasıyla kolay ve daha etkin bir bağlanma sağlamayı amaç edinmiştir. Takiben bu şekilde işlem yapılan dentin yüzeyine son aşama doldurucu içermeyen ya da kısmen doldurucu içeren bir bağlayıcı reçine uygulamasını içermektedir. Dördüncü jenerasyon dentin bağlayıcı ajanlar asit, primer ve bağlayıcı ajandan oluşan üç aşamalı bir sistemdir. Günümüzde dördüncü jenerasyon dentin bağlayıcı sistemlerde asit olarak %30 – 40 konsantrasyonunda fosforik asit jelleri ile primer olarak çift fonksiyonlu (hidrofilik ve hidrofobik) bir grup içeren HEMA, BPDm ve 4-META gibi monomerler içerirler ve iki

aşamalı etch&rinse adezivler olarak adlandırılırlar. 4. Jenerasyon bağlayıcı sistemlerin bağlanma dayanımları ortalama 17-26 MPa arasında olup diğer üç jenerasyon dentin bağlayıcı sistemlere göre mine ve dentinde yüksek bağlanma kuvvetlerine sahiptirler (Swift ve ark. 1995; Dayangaç 2000).

1990'ların sonlarına doğru geliştirilen 5. Jenerasyon dentin bağlayıcı ajanlar çok basamaklı sistemlerin klinik uygulamasının karmaşık olması nedeniyle tek solüsyonlu sistemlerle bağlayıcı ajanın uygulanmasının kolaylaştırmak, çalışma süresini kısaltmak amacıyla primer ve bağlayıcı ajanı tek bir şişede birleştiren iki aşamalı sistemlerdir. 5.Jenerasyon dentin bağlayıcı sistemler tek aşamalı dentin bonding sistemler olarak isimlendirilirler ve klinikte birbirinden bağımsız iki basamak şeklinde uygulanırlar. Mine ve dentinin aynı anda asitlenmesinin takiben dentinin ıslanabilirliğinin artırılması ve hibrit tabakayı oluşturmak üzere adeziv uygulanmasını içerirler (Ferrari ve ark. 1997).

Beşinci jenerasyon dentin bağlayıcı sistemler aseton, etanol, etanol/su bazlı çözücüler içerisinde 2-hidroksietil metakrilat (HEMA) ya da dipentaeritritol penta akrilat monofosfat (PENTA), bisfenol glisidil dimetakrilat (Bis-GMA), gliserofosforik asit dimetakrilat (GPDM), bifenil dimetakrilat (BPDM) gibi monomerleri içerirler ve bağlanma dayanımları 14-28 MPa'dır (Holderegger ve ark. 1997).

Altıncı jenerasyon dentin bağlayıcılar 2000'li yılların başında kullanıma sunulmuş olup 4. ve 5. jenerasyonlara göre teknik hassasiyeti ve çalışma süresinin azaltılması amacıyla, asit ile pürüzlendirme aşamasını ortadan kaldırmıştır. Buna bağlı olarak asidik jel uygulanmadığı için kollajenlerin aşırı ıslak ya da kuru kalması riskini ortadan kalkarak self-etch adeziv sistemler olarak kullanılmaya başlanmıştır (Watanabe ve ark.1993; Ferrari ve ark. 1997).

Altıncı jenerasyon dentin bağlayıcıların etki mekanizması, smear tabakasını kaldırmadan modifiye ederek ve altındaki dentini kısmen demineralize ederek hibrit tabakayı oluşturmaktır. Bu sistemin ilk örnekleri diş yüzeyine önce asidik primer, sonra adeziv uygulaması olmak üzere 2 basamaktan oluşmaktadır. Daha sonra geliştirilen altıncı jenerasyon dentin bağlayıcıların bazılarında ise ayrı şişelerde olan asidik primer ve adezivin karıştırılmasıyla birlikte uygulama basamağı tek aşamaya indirilmiştir (Van Meerbeek ve ark. 2003).

Yedinci jenerasyon dentin bağlayıcılar ise, 2002 yılının sonuna doğru kullanıma sunulmuş olup asit, primer ve adeziv aynı yapı içerisinde tek bir şişe içinde

bulunmaktadır. Tek aşamalı olarak uygulanan bonding sistemler (all-in-one) diş hekimine kolay uygulama olanağı sunmaktadır. Fakat karmaşık yapıları nedeni ile monomer çözücü ayrışmaları görülebilmekte ve oluşan adeziv tabakalarda kopmalar meydana gelmektedir. Bundan dolayı yedinci jenerasyon dentin bağlayıcılar dördüncü ve beşinci jenerasyona göre bağlanma dayanımlarının daha düşük olduğu ileri sürülmektedir (Van Landuyt ve ark. 2005).

2.3.1.2. Dentin Bağlayıcıların Adezyon Stratejilerine Göre Sınıflandırılması

Van Meerbeek ve ark. tarafından 2001 yılında adezyon mekanizmasının tanımlanmasına yönelik açıklamanın eksik olması ve varolan dentin bağlayıcı sistemlerin uygulama basamaklarını tam olarak yansıtmadığı gerekçesiyle yeni bir sınıflama yapmıştır. Adezyon stratejilerinin esas alındığı bu güncel sınıflamaya göre bağlayıcı sistemler üç gruba ayrılmıştır:

- Etch&rinse sistemler
- Self etch bağlayıcı sistemler
- Cam iyonomer bağlayıcı sistemler (Van Meerbeek ve ark. 2001).

Etch&rinse Sistemler

Klinik uygulama açısından mine ve dentinin beraber asitlenmesinden dolayı bu yöntem genel olarak total-etch tekniği olarak bilinir. Aynı zamanda ‘asitle ve yıka (etch and rinse)’ olarak da adlandırılan bu teknik, 1990’lı yıllarda dentine bağlanmada en çok kullanılan strateji olmuştur ve günümüzde de popülerliğini halen korumaktadır (Robertson ve ark. 2006).

Etch&rinse dentin bağlayıcı sistemler diş dokusunun %37’lik fosforik asit ile dağlanmasının takiben yıkanıp dentin yüzeyinin primer ile hazırlanmasının sonrasında adeziv reçinenin uygulanmasını kapsayan 3 basamaklı işleme sahiptirler. Her ne kadar literatür açısından 3 aşamalı sistemler ‘gold standart’ olarak değerlendirilse de, bu sistemlerin uygulama kolaylığını sağlamak için zaman içerisinde ve günümüzde sıklıkla kullanılan adeziv ve primerin bir solüsyon içinde toplandığı iki aşamalı etch&rinse sistemler olan tek şişeli sistemler geliştirilmiştir (Pashley 1997; Sancaklı 2010).

Etch&rinse sistemlerde bağlanma mekanizması difüzyon esasına dayanmaktadır (Van Landuyt 2005). Sistem asit uygulamasıyla dentin yüzeyindeki smear tabakasını tamamen ortadan kaldırıp, dentindeki kollajen ağı açığa çıkartarak yüzeyel dentinde

demineralizasyon oluşturup sadece mikromekanik adezyonla bağlanmayı amaçlamaktadır. Asit uygulamasından sonra adezyonu arttıran monomerler bir ya da iki aşamalı olarak uygulanarak açığa çıkmış kollajen ağa penetre olurlar (Van Meerbeek ve ark. 2001).

Üç ya da iki aşamalı etch&rinse adeziv sistemlerin dentine bağlanma mekanizmaları birbirine benzer şekilde olmaktadır.

Etch&rinse sistemlerde adezyonu arttıran monomerler olan primerler kimyasal olarak su, aseton, etanol gibi organik çözücülerde çözünen hidrofilik özellikteki fonksiyonel monomerlerin karışımından oluşmaktadırlar. Asetonun yüksek buharlaşma basıncı ve suyla yer değiştirme gibi avantajlarının yanında yüksek uçuculuğuna bağlı olarak adezivlerin hızla buharlaşmasına ve materyalin raf ömrünün kısılmasına yol açmaktadır. Primer içerisindeki etanol ve su ise polar çözücülerdir ve asitleme sonrası yıkama-kurulama işlemi sırasında kollaps olan kollajen yapının genişlemesine olanak sağlar (Abate ve ark. 2000).

Primer solüsyonlarının içeriğinde çoğunlukla HEMA (Hidroksietil metakrilat) adlı monomer bulunmaktadır (Perdigão ve ark. 2002; Swift 2002; Nakabayashi 1992). HEMA hidrofilik yapısı ve düşük monomer ağırlığından dolayı etch&rinse sistemlerde en çok tercih edilen monomerdir. HEMA hidrofilik yapısı nedeni ile dentinin ıslanabilirliğini düzenlemekte ve asit uygulaması sonrası büzülmüş kollajen yapının yeniden genişlemesini sağlamaktadır (Nakabayashi 1992).

Etch&rinse sistemlerde bağlayıcı reçine kısmını ise çözücü içermeyen doldurucu ya da doldurucusuz bisfenol A glisidil dimetakrilat (Bis-GMA), trietilen glikoldimetakrilat (TEGDMA) ve üretan dimetakrilat (UDMA) gibi esas olarak hidrofobik monomer olan bir solüsyondan oluşmaktadır. Bağlayıcının asıl fonksiyonu kollajen fibriller arasında kalan aralıkları doldurmak ve bu monomerlerin polimerizasyonu sonucu oluşan hibrit tabaka ve reçine uzantılarının sonucunda mikromekanik bağlanma gerçekleştirmektir (Robertson 2006).

İki aşamalı etch&rinse sistemlerde birinci basamağı asit uygulanması oluştururken ikinci basamağı tek şişede birleştirilmiş primer ve adeziv reçine uygulaması oluşturmaktadır (Swift 2002).Bağlanma mekanizmaları üç basamaklı etch&rinse sistemler ile aynıdır. Bu sistemlerin uygulanması daha basit olmakla birlikte ikinci aşamanın birkaç kez uygulanmasının önerilmesi, sürenin uzamasına ve teknik hassasiyet gerekliliğinin artmasına neden olmaktadır (Gökalp 2002).

Self-etch Bağlayıcı Sistemler

Etch&rinse sistemlerden farklı olarak self-etch bağlayıcı sistemler ayrı bir asit uygulama basamağı olmayan ve yıkama işlemi gerektirmeyen, içerdikleri asidik monomer ile dentini ve mineyi aynı anda asitle pürüzlendirip primer uygulama işlemini gerçekleştiren sistemlerdir (Perdigão 2007; Peumans ve ark. 2007).

Self-etch dentin bağlayıcılar asidik monomerleri sayesinde smear tabakasını çözerek ortamdan uzaklaştırmadan hibrit tabaka içinde korurlar, asidik monomerler smear tabakası boyunca infiltrate olarak hidroksiapatit yapıyı asitliliğinin şiddeti ile orantılı parsiyel olarak çözerler (Sancaklı 2010; Pashley ve ark. 2001).

Self-etch dentin bağlayıcı sistemler uygulama aşama sayısını ve işlem süresini kısaltırlar ve bu sayede teknik hassasiyeti en aza indirgeyerek oluşabilecek uygulama hatalarını ortadan kaldırmayı amaçlarlar (Sancaklı 2010).

Self-etch dentin bağlayıcı sistemler uygulama aşamalarına göre primer ve adeziv reçinenin ayrı ya da birlikte olmasına göre iki aşamalı ve bir aşamalı self-etch dentin bağlayıcı sistemler olarak sınıflandırılırlar (Pashley ve ark. 2011).

İki basamaklı self-etch dentin bağlayıcı sistemlerde, öncelikle asidik monomer ilave edilmiş hidrofilik primer solüsyonu uygulamasını takiben, hidrofobik adeziv reçine uygulanırken tek basamaklı dentin bağlayıcı sistemlerde ise asidik monomer ilave edilmiş hidrofilik ve hidrofobik komponentlerin karışımı primer ve adeziv tek şişede birlikte yer almakta ve aynı anda uygulanmaktadır (VanMeerbeck ve ark. 2005).

Tek aşamalı self-etch adezivlerin yüksek hidrofilik bileşenlere sahip olması, dentin ve adeziv katman arasında suyun difüzyonuna izin veren geçirgen bir yapı oluşmasına imkan sağlar. Bu nedenle tek aşamalı self-etch sistemlerin suyu emmesi mekanik özelliklerinde azalmaya neden olur (De Munck ve ark. 2005; Sancaklı 2010).

Self-etch dentin bağlayıcı sistemlerin bağlanma performansı esas olarak içerdikleri fonksiyonel monomere, bu monomerin yapısal özelliklerine ve hidroksiapatite afinitesine bağlı olduğu yapılan çalışmalarda vurgulanmaktadır. Çeşitli self-etch sistemlerin yapısında bulunan 4-Metakriloksietil trimellitik asit (4-MET) gibi karboksilik asit esaslı monomerler ve phenyl-P(2-metakriloksi etil fenil hidrojen fosfat) ve 10-Metakriloloiksidetil dihidrojen fosfat (10-MDP) gibi fosfat esaslı fonksiyonel monomerler çözünmeden kalan hidroksiapatit yapıdaki kalsiyuma kimyasal olarak bağlanma potansiyeline sahiptirler (Güven ve ark. 2014).

Self-etch dentin bağlayıcı sistemleride kullanılan 10-MDP ve phenyl-P farklı iki önemli özelliğe sahip fonksiyonel monomerler olup Phenyl-P hidroksiapatiti asitlerken, 10-MDP hidroksiapatite bağlanmaktadır. 4-MET monomeri ise iki monomer arasında özelliklere sahiptir (De Munck ve ark.2006; Imazato ve ark. 2003).

Self-etch dentin bağlayıcı sistemlerin yapısında maleik asit ve itakonik asit gibi organik ve inorganik asitler, aseton, etanol, su gibi çözücüler, HEMA, bisfenol glisidil dimetakrilat (Bis-GMA), metakriloksesil dihidrojen fosfat (MDP), 4-metakriloksietil trimellitik asit (4-MET), 4-metakriloksietil trimellitat anhidrid (4-META), trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA), üretan dimetakrilat (UDMA), 2-metakriloksi etil fenil hidrojen fosfat (phenyl-P), dipentaeritritol penta akrilat monofosfat (PENTA) gibi monomerlerde bulunmaktadır (Tay ve ark. 2001).

Self-etch dentin bağlayıcı sistemler pH derecelerine göre ise ultra-hafif ($pH > 2,5$), hafif ($pH \geq 2$), orta ($pH \sim 1,5$) ve kuvvetli ($pH \leq 1$) self-etch dentin bağlayıcı sistemler olarak sınıflandırılmaktadırlar (Pashley ve ark. 2011).

Hafif self-etching adezivler ($pH \geq 2$), dentini oldukça sıkı demineralize ederek olası kimyasal etkileşim için kollagen fibriller etrafında hidroksiapatitin kalmasına izin verirler ve submikron boyutlarda oldukça yüzeyel bir hibrit tabakası oluştururlar. Kuvvetli self-etch adezivler ($pH \leq 1$) ise, tüm hidroksi apatitleri çözerek dentinde kollajen fibrilleri açığa çıkartırlar. Hafif self-etch adezivlere göre oluşan hibrit tabakası kalındır ve rezin taglar mevcuttur. Orta kuvvetli self-etch adezivler ($pH \sim 1,5$), hafif ve kuvvetli self-etch adezivler arasında özellikler gösterirler. Hafif self-etch adezivlere göre mine ve dentin ile daha iyi mikromekanik bağlanma elde edilirken hibrit tabakasının kalınlığı kuvvetli self-etch adezivlere göre daha azdır (Eren ve ark. 2006; Van Meerbeek 2003; Oliveira ve ark. 2002).

Cam İyonomer Bağlayıcı Sistemler

Cam iyonomerler herhangi bir yüzey işlemi olmaksızın diş dokusuna kendi kendine tutunabilen yapıda materyaller olup adezyon mekanizması dentine mikromekanik ve kimyasal yolla olmaktadır. Kısa süreli polialkenoik asit uygulaması yüzey temizleyerek smear tabakasını ortadan kaldırır ve kollajen fibrilleri 0,5-1µm derinliğe kadar açığa çıkarır. Daha sonra cam iyonomer bileşenler bu bölgeye difüze olarak mikromekanik bir bağlanma meydana gelir (Peumans ve ark. 2005).

Polialkenoik asitin karboksil gruplarının kollajen fibrillerde kalan hidroksi apatitlerin kalsiyumları ile etkileşimi sonucu kimyasal bağlanma elde edilir (Yoshida ve ark. 2000).

2.3.1.3. Universal Adezivler:

Günümüz adeziv diş hekimliği uygulamalarında etch&rinse ve self-etch teknikler ile kullanılan adezivler sıklıkla tercih edilirken, her iki uygulama farklılığının gereksinimlerine göre ortaya çıkan teknik hassasiyet sorunları adeziv bağlanmanın performansını ve postoperatif hassasiyet gibi sorunları da beraberinde getirmektedir. Her iki strateji ile kullanılabilme imkanı sağlayan monomer içeriğine sahip ve etch&rinse ve self-etch adezivlere göre uygulama kolaylığı sunan adeziv materyaller içerisindeki en güncel materyaller arasında universal adezivler yer almaktadır. Bu yeni geliştirilen adeziv sistemler ‘multi-mode’ olarak başka bir deyişle etch&rinse ve self-etch olarak uygulanıyor olması ve farklı yüzeylerde adezyon sağlayabilmeleri ‘çok amaçlı’ veya ‘universal’ adezivler olma özelliğini de taşımaktadır. Klinik uygulamaya son yıllarda girmiş olan universal adezivler ile ilgili literatürde klinik performanslarının değerlendirildiği çalışma sayısı henüz oldukça az olup in vitro bağlanma çalışmalarında sıklıkla kullanılan adezivler arasında yer almaktadırlar. (Hanabusa ve ark. 2012; Perdigao ve ark. 2012; Barutçugil ve ark. 2013).

Universal sistemler içeriğinde yer alan multifonksiyonel monomerler sayesinde spesifik klinik durumlara bağlı olarak özellikle mine dokusunun geniş olarak varolduğu durumlarda etch&rinse olarak kullanılabilir. Dentin dokusunun ağırlıklı olduğu durumlarda ise self-etch ya da dokulara göre asit uygulamasının optimal sonuçlarının elde edilmesini amaçlayan çalışmaların sonuçlarına göre minede asit uygulanmasını takiben dentinde ise direk olarak self etch olarak kullanılabilme imkanı sunan selektif-etch teknik ile kullanılacakları önerilmektedir. (Alex 2015; 3M Espe symposium 2014; Bisco symposium 2014). Universal adezivler direk restorasyonların yanı sıra indirek restorasyonlarda da self cure, light cure ve dual cure opsiyonları ile kullanılabilirken aynı stratejiye sahip simanlar ile uyumlu olarak adeziv simantasyon endikasyonuna da sahiptirler. Universal adezivler diş sert dokularına bağlanmanın yanı sıra multi-mode özellikleri sayesinde zirkonya, metal, kompozit ve lityum disilikat bazlı seramikler gibi farklı yüzeylerde de adeziv olarak kullanılmaktadır. Bu materyallerin yüzeyinde adezyonun zirkonya ve metal primerleri gibi yüzey hazırlayıcı

ve silan gibi bağlayıcılara ihtiyaç olmaksızın sağlanabildiğini gösteren çalışmalar mevcuttur (Chen ve ark. 2012; Alex 2015).

Günümüzde adeziv diş hekimliği uygulamalarında kullanılmak üzere geliştirilen yeni nesil adezivler olarak çok sayıda farklı monomer içeriklerine sahip universal bağlayıcı sistemler bulunmaktadır. Universal adezivler 7. Jenerasyon tek şişe self-etch ve ‘all-in-one’ sistemler ile benzer şekilde tek şişeli sistemler olup, gerek geniş kullanım endikasyonları gerek ise daha dayanıklı bir hibrit tabaka oluşumunu sağlayan güçlendirilmiş monomerleri sayesinde adezyonu güçlendirme potansiyeline sahip materyaller olarak kullanıma sunulmuştur. Universal sistemlerin hangi sınıfa ait olduğuna dair belirsizlik, her üretici firmanın universal bağlayıcı sistemlerin uygulanması aşamasında farklı uygulama stratejileri öne sürmesiyle ilgili olup bu aşamada da universal bağlayıcıların sınıflamasında farklılıkları beraberinde getirmektedir. Örneğin, universal bir bağlayıcı sistem olan Futurabond Universal Bond (Voco) iki ayrı bileşenden oluşmaktadır ve kullanımından önce bu bileşenler karıştırılıp hemen aktive olan tek kullanımlık paket haline gelmektedir. Stabilitate ve ürün performansı açısından faydası olsa da all-in-one değilde karıştırıldıktan sonra kaviteye uygulanan bir bağlayıcının universal bağlayıcı tanımına uyup uymadığı da bir soru işaretidir (Alex 2015). Optibond XTR (Kerr corp.) universal bağlayıcı için ürünün web sayfasında direk ve indirek restorasyonlar için kullanılabilen ‘self-etch, light-cure, universal dental adeziv’ olarak tanımlanmakta ve iki şişeden oluşmaktadır. Self ve dual cure reçinelerle uyumlu olup metal, zirkon ve kompozite bağlanabilir. Universal adezivin iki şişeden oluştuğu için 6. Jenerasyona ait self-etch olduğu düşünülebilir. Scotchbond Universal (3M Espe) bağlayıcı sistem ile Clearfil (Kuraray) Universal bağlayıcı sistemlerin indirek restorasyonlarda self cure ya da dual cure reçine simanlarla kullanıldığında ilave bir aktivatörle kullanılması gerektiğini söylemişlerdir. Prime&Bond Elect (Dentsply) universal bağlayıcı ise tüm reçine simanlarla kullanılırken ayrı bir aktivatörle uygulanması gerektiği belirtilmiştir. Bazı üretici firmalar ise universal adezivleri zirkon ve seramik gibi materyallerle kullanımının ayrı ve özel bir primerle uygulanmasını önermektedirler. Bu nedenle universal adezivlerin farklı uygulama koşulları ve uygulama prosedürlerinin materyale göre farklılık içeriğinden dolayı belirli bir jenerasyona dahil edilmemesi anlamına gelmektedir (Alex 2015).

Bir bağlayıcının universal özelliklere sahip olması için çok özel sinerjik, fonksiyonel ve çapraz bağlayıcı monomerleri içermesi gerekmektedir. Ayrıca bir dizi farklı substratla reaksiyona girebilme, kimyasal olarak reçine bazlı restoratif materyaller ve simanlarla kopolimerleşme yeteneğine sahip olması ve su içeriğine sahip dentini ıslatmak için hidrofilik karaktere sahip olması da gerekmektedir. Zaman zaman yapısının hidrolizi ve su absorpsiyonunu önlemek için hidrofobik olmalıdır. Buna ek olarak universal adezivler self etch modunda etkili olabilmek için asidik özellik gösterirken fazla asiditeye sahip olduğu takdirde materyalin reçine simanlarla polimerizasyonunu bozmaktadır (Alex 2015; Suh ve ark. 2003). Universal adezivin içerisine asidik fonksiyonel monomerlerin ayrışması için su ilave edilmektedir. Fakat yapıdaki fazla su adeziv sistemlerin kimyasal bütünlüğünü bozarak monomerlerin faz ayrışmasını sağlayabilmektedir. Malzemenin raf ömrünü de kısaltıp hava ile kurutma sırasında adezivin buharlaşmasını zorlaştırmaktadır (Nishiyama ve ark. 2006; Alex 2015). Aynı zamanda formülasyona aseton ve etanol eklenmesi de adezivin diş dokularına infiltrasyonunu, reçinenin ıslanmasını ve hava ile kurutmada suyun buharlaşmasına katkı sağlamaktadır. Adeziv sistemlerin uygulanabilirliği açısından yapılarında üretici firmalar arası değişen Ph, initiator, solvent kimyası ve spesifik monomer türleri gibi pek çok farklar vardır (Alex 2015).

Tüm universal adezivlerde temel fonksiyonel monomer olarak fosfat esterleri kullanılmaktadır. Bu monomerler metal, zirkon ve çözünmeyen Ca^{++} tuzlarıyla diş dokularına bağlanma potansiyeli olmak üzere pek çok özelliğe sahiptir (Chen ve ark. 2012; Kadoma 2002). Ayrıca fosforik asit esterleri diş dokularını asitleme ve demineralize etme potansiyeline sahiptirler. Bu özelliği sayesinde etch&rinse, self etch ve selektif etch olarak kullanabilirler.

Yaklaşık 30 yılı aşkın süre önce sentezlenen fosfat esterleri mevcut bir çok universal adeziv formülünde kullanılmaktadır. 1980 yılının başında Kuraray(Osaka-Japonya) firması tarafından geliştirilen 10-MDP fonksiyonel adeziv monomerini sentezlemişlerdir. Bu monomer materyale bağlanmada oldukça başarılı bulunduğundan üretici firma universal adezivleri pratik hale getiren 10-MDP monomerini kullanmaya karar vermiştir. Bu monomerin hidrofobik metakrilat grubu metakrilat bazlı restoratif materyale ve simana kimyasal olarak bağlanma kapasitesine sahiptir. Hidrofobik fosfat grubu ise diş dokularına, metallere ve zirkona kimyasal olarak bağlanabilen çok yönlü amfibilik işlevsel bir monomerdir. Ayrıca monomerin uzun karbon zinciri hidrofobik

olmasını sağlamaktadır. 10-MDP monomeri dental adezivlerde kullanılan tüm fonksiyonel monomerlerin içerisinde en hidrofobik olanıdır (Suh 2013; Alex 2015).

10-MDP'nin hidrofobik yapısı, çözelti bakımından adezivi kararlı hale getirebilir ve raf ömrünü uzatma açısından önemli bir monomerdur. Ayrıca 10-MDP hidroksi apatitin yapısındaki Ca^{++} 'a iyonik bağ ile diş dokularına kimyasal olarak bağlanma kapasitesine sahip bir monomerdur (Fukeyawa ve ark. 2006; Van Landuyt ve ark. 2008). Bu reaksiyon esnasında kararlı MDP kalsiyum tuzları oluşur ve adezive bağlı nanokatmanlarda biriktirilir. Moleküler etkileşimin bu tipi polimerize 10-MDP'nin hidrofobik yapısı ile birleşince biodegradasyona daha dirençli bir ara yüz oluşmaktadır (Yoshida ve ark. 2012; Yoshihara ve ark. 2014).

Güncel olarak kullanımda olan universal adezivlerin çoğunun yapısında 10-MDP monomeri bulunmaktadır. 10-MDP monomerine ilaveten PENTA-P (dipentaerythritol penta acrylate monophosphate) ve GPDM (glycero-phosphate dimethacrylate) monomerleri de universal adezivlerin yapısında mevcuttur (Alex 2015).

Universal adeziv geliştirilirken hidrofilik ve hidrofobik özellikleri arasındaki denge oldukça önemlidir. Monomerler başta dentin ile etkileşime girmek için hidrofilik olmalı fakat polimerize olduklarında hidrofilik olmadıklarından zamanla hidrolize olup adeziv ara yüzeyin su absorpsiyonunu teşvik ederek parçalanmasına neden olurlar. Üretici firmalar bu gibi sorunları önlemek için BIS-GMA(hidrofobik) ve HEMA(hidrofilik) gibi çeşitli adeziv fonksiyonel monomerleri yapıya ilave etmektedirler. HEMA'nın hidrofilik özelliği adeziv sistemlerin bağlanma kuvvetlerini arttıran adezyon-monomer ilişkisini sağlar bu özellik dentine monomer infiltrasyonunu arttırarak hibrit tabaka oluşumunu kolaylaştırır (Van Landuyt ve ark. 2007; Nakabayashi ve ark.1992). HEMA adezivlere sadece iyi ıslanma sağladığı için değil aynı zamanda solvent benzeri yapıya sahip olduğu için de eklenir. Bu özellik adezivin kararlılığını geliştirir ve hidrofobik ve hidrofilik monomerlerin çözeltide aynı yapı içerisinde bulunmasını sağlayarak faz ayrımını engellemeye çalışır. HEMA içermeyen adezivlerde faz ayrımı sorunuyla karşılaşmaktadır (Van Landuyt ve ark. 2007; Alex 2015). HEMA'nın bir çok olumlu özelliğinin yanında dezavantajları da vardır. Polimerize olmuş ya da olmamış HEMA'da su absorpsiyonu gözlenir. Çözeltide bulunan yüksek miktardaki HEMA polimerinin adezivin mekanik özelliklerini azalttığı bildirilmektedir.

Universal adezivlerde kullanılan HEMA konsantrasyonu, üreticiden üreticiye değişmekle beraber, istenmeyen özelliklerini minimize etmek için HEMA konsantrasyonunu optimize etmek önemlidir (Alex 2015).

Çoğu üretici firma universal adezivlerin mine ve dentin dokusuna adezyonu yanında zirkonya, soy ve soy olmayan metaller, kompozitler ve silika bazlı seramikler gibi yüzeylerde bağlanma amaçlı kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Zirkonyuma bağlanma açısından universal adezivlerin zirkonyum primeri ile elde edilen bağlanma değerlerine yakın değerler kadar etkili olduğunu gösteren çalışmalar vardır (Christensen 2012; Amaral ve ark. 2014; Kim ve ark.2015).

Bazı universal adezivlerin silika içeren seramiklerde silan bağlayıcı ajan yerine kullanılabileceği ileri sürülmektedir. Bazı üretici firmalar silanı adeziv formülasyonunun içine dahil ederek ve bu yolla universal adezivlerin silan solüsyonunun yerine de fonksiyonunu yerine getirmek üzere kullanılabildiğini sağlamaktadırlar. Universal adezivin yapısında bulunan silan adeziv içerisindeki diğer kimyasallarla reaksiyona girmediği sürece bu alanda etkinliğini sürdürmektedir (Alex 2015).

Bazı üretici firmalar ise silanın universal adezivin asidik ortamdaki stabilitesini bozduğundan ve universal adezivin içerisindeki monomerlerin silika içeren seramiklerle silanın kimyasal etkileşimini inhibe ettiğini ileri sürdüğünden dolayı yapıya silan ilave etmemektedirler. Ayrıca araştırmalar universal adezivlerin yapısında bulunan BIS-GMA ve 10-MDP'nin silan solüsyonlarına ilave edilmesinin saf silan solüsyonlarıyla karşılaştırıldığında silika bazlı lityum disilikat seramiklerin silanla kimyasal etkileşimini önemli ölçüde azalttığını gösteren çalışmalar mevcuttur (Chen ve ark. 2013; Suh ve ark. 2014).

2.3.2. Kompozit Restoratif Materyaller:

2.3.2.1. Terminoloji ve Tarihçesi

Kompozitler, diş hekimliği terminolojisinde çoğu kez kompozit restoratif materyaller, dolduruculu reçineler, reçine esaslı kompozitler, kompozit reçineler, reçine dolgular olarak adlandırılrsa da genel olarak kompozit terimi birbiri içerisinde tamamen çözünmeyen iki veya ikiden fazla kimyasal maddenin fiziksel bir karışımı anlamına gelmektedir. Diş hekimliğinde kullanılan kompozit reçineler; sert, inorganik

partiküllerin taşıyıcı bir reçine matriks içerisinde dağılması ile meydana gelir (Van Noort 2002).

1956 yılında Ray Bowen Bis Glisidilmetakrilat (BisGMA) monomerini geliştirmiş ve 1962 yılında bu monomeri içeren reçine kompozitleri tanıtmıştır. 1965 yılında ise günümüzde de kompozitlerin ana yapısını oluşturan Bisfenol A Glisidil Metakrilat (Bis-GMA) olarak adlandırılan BisGMA yapı ile silanlanmış kuartz partiküllerden oluşmuştur (Dayangaç 2000).

1970' lerde ışıkla polimerize olan kompozit reçineler geliştirilmiş, 1980' lerde ise inorganik partikül boyutları küçültülüp, doldurucu içeriği arttırılan posterior kompozitler üretilmişlerdir. 1980' li yılların ortalarında ise hibrit tip adı verilen değişik partikül boyutlarında doldurucularla sahip kompozitler geliştirilmiş, ilerleyen yıllarda ise kompozit reçinelerin partikül yapıları daha da küçültülerek mikrohibrit kompozitler üretilmiştir (Jackson ve ark. 2000). 1998 yılında organik modifikasyonlu seramikler adı altında değişik kompozit bir türü tanıtılmıştır. Bu maddeye, organik-modifikasyon-seramik kelimelerinin ilk hecelerinden oluşan ormoser (ormocer) adı verilmiştir. Ormoserler, diş yapısına benzer olarak inorganik ve organik elementlerin üç boyutlu kopolimerlerini içerir (Dayangaç 2000).

1998 yılında restoratif diş hekimliğinde yaşanan bir başka yenilik de, restorasyon yüzey pH değerlerinin değişimlerine bağlı olarak florür, hidroksil ve kalsiyum iyonları salabilen kompozitlerin üretilmesidir (Dayangaç 2000).

Son yıllarda kompozit reçinelerde ve buna bağlı olarak restoratif diş hekimliğinde en önemli gelişmelerden biri de nanoteknolojinin diş hekimliği uygulamalarına yansmasıdır. Bu uygulamalara bağlı çeşitli fiziksel ve kimyasal metotların kullanılması sonucu 0,1-100 nanometre partikül boyutuna sahip nanohibrit kompozit materyalleri üretilmiştir (Beun ve ark. 2007).

Kompozit reçineler, civa içermemeleri, diş dokularının maksimum düzeyde korunmasına olanak sağlamaları, adeziv sistemlerle diş dokularına bağlanabilmeleri, seramiklere göre daha ucuz maliyetleri, düşük termal iletkenlik özellikleri, geniş renk seçeneklerine sahip estetik görünümleri ve geliştirilmiş mekanik özellikleri sayesinde restoratif diş tedavilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak dişeti altına kadar ilerlemiş çürüklerin restorasyonlarında, izolasyonun sağlanamadığı olgularda, okluzal stresin aşırı olduğu durumlarda (bruksizm, vs) ve sentrik stop noktaları kavite sınırları

içinde kalan Sınıf I ve II kavitelere uygulamaları sınırlıdır (Craig 2000; Dayangaç 2000).

2.3.2.2. Kompozit reçine materyalinin yapısı

Kompozit reçine materyalleri, kimyasal açıdan farklı iki bileşenden ve bir bağlayıcı kısımdan oluşan üç boyutlu karışımlar olarak adlandırılırlar (Yücel 1995).

Kompozit reçineler;

- Organik Polimer Matriks Fazı (Taşıyıcı Faz [Continuous Phase])
- İnorganik Matriks (Doldurucular, Dağılan Faz [Dispersed Phase])
- Ara faz (Bağlayıcı Ajan [Silane Coupling Agent]) olmak üzere 3 temel yapıdan oluşmaktadır (Craig 2000).

Organik Polimer Matriks Fazı

Kompozit reçinelerin organik polimer matriks fazı; monomerler ve komonomerler, inisiyatörler (polimerizasyon başlatıcılar), aktivatörler (polimerizasyon arttırıcılar) ve inhibitörlerden (polimerizasyon durdurucu) oluşmaktadır. Organik fazın büyük bölümünü oluşturan monomer yapıda aromatik dimetakrilat ve/veya aromatik veya alifatik üretilen dimetakrilatlar kullanılmaktadır. Aromatik dimetakrilatlara Bisfenol A türevleri dahildir. Bu gün piyasada bulunan kompozitlerin çoğunda matriks olarak Bowen tarafından geliştirilen Bisfenol-A-Glisidil-Metakrilat (Bis-GMA) kullanılmaktadır (Yücel 1995). Bis-GMA, bisfenol A ile glisidil metakrilatın birleşmesi sonucu oluşan bifonksiyonel aromatik bir biglisidil metakrilattır (McLean 1998). Bis-GMA yüksek viskoziteli difonksiyonel bir monomer olup, diş hekimliğinde ilk sentez edilen monomer olan metil metakrilata göre düşük polimerizasyon büzülmesi, daha hızlı sertleşme, daha sert yüzey özellikleri gibi avantajlara sahiptir (Van Noort 2002).

Bis-GMA monomerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla bazı değişiklikler yapılmıştır. 1974 yılında Foster ve Walker tarafından diğer bir bifonksiyonel rezin olan üretilen dimetakrilat (UDMA) geliştirilmiştir. İyi bir adezyon sağlayan ve renk değişimine daha dayanıklı bir monomer olan üretilen dimetakrilat (UDMA), BIS-GMA ile yaklaşık olarak eşit molekül ağırlığında olup, Bis-GMA ile karşılaştırıldığında daha düşük bir viskoziteye sahiptir (Murchison ve ark. 2001; Dayangaç 2000; Van Noort 2002). Viskozitesinin düşük olması, düşük moleküler

ağırlıkta monomerlerin ilavesine gerek kalmadan doldurucu içeriğinde artışa izin vermektedir. Fakat UDMA'nın Bis-GMA'dan daha fazla polimerizasyon büzülmesine uğradığı belirtilmiştir (Trushkowsky 2001).

Hidrofilik bir monomer olma özelliğine sahip BIS-GMA'nın bu özelliğinden dolayı, doldurucu ve matriks ara yüzeyinde erozyon ve polimer ağında yumuşama meydana gelir, dayanıklılığı ve aşınma direnci azalır. BIS-GMA monomerini bu gibi dezavantajlarını gidermek amacı ile BIS-GMA'nın bir versiyonu olan bis-etilen glikol dimetakrilat (BIS-EMA) geliştirilmiştir. Bu monomer, hidroksil grubunun olmaması dışında moleküler yapı açısından BIS-GMA'ya benzemektedir. Yapısındaki bu farklılıktan dolayı BIS-EMA'nın viskozitesi BIS-GMA'ya göre daha az olup monomere hidrofobik bir özellik sağlar (Dayangaç 2000).

Kompozit reçinelerin yapısındaki monomerlerin yoğun vizkozitelerini azaltmak için daha düşük moleküler ağırlığına sahip ko-monomerler ilave edilir. Bu amaçla kompozit reçinelerin yapısına genellikle metil metakrilat (MMA), etilen glikoldimetakrilat(EDMA), trietiledimetakrilat (TEGDMA) lar gibi çeşitleri olan ko-monomerler eklenir. Bu amaç için en fazla viskozitesi daha düşük olan ve yüksek ıslatıcılık özelliğine sahip trietiledimetakrilat (TEGDMA) kullanılmaktadır (Dayangaç 2000; Van Noort 2002; Peutzfeldt 1997).

Kompozit reçinelerin polimerizasyonu serbest radikallerin oluşumuyla başlar. Serbest radikallerin oluşumunu tetikleyen maddeler başlatıcı (initiyatör), hızlandıran maddeler ise aktivatör adı verilir (Peutzfeldt 1997; Van Noort 2002). Kimyasal olarak polimerize olan kompozit reçinelerde initiyatör olarak sıklıkla benzoil peroksit, aktivatör olarak ise aromatik tersiyer amin kullanılır. Işık ile polimerize olan kompozit reçinelerde reaksiyon 365 nm dalga boyunda ultraviyole ışıkla ya da 420-450 nm dalga boyunda görünür ışıkla başlatılır ve başlatıcı olarak sıklıkla diketon bileşiklerinden olan kamforokinon, aktivatör olarak ise alifatik amin kullanılır (Yücel 1995; Van Noort 2002).

Organik faz içerisindeki monomer ve komonomerler, depolanma sırasında ısı, ışık ve diğer kimyasal maddeler yoluyla spontan olarak polimerizasyona başlayabilirler. Bu spontan polimerizasyonu engellemek için % 0,1 veya daha az fenol türevlerinden olan hidrokinon metil eter veya 2,6-di-bütil-4-metilfenol inhibitörleri kullanılır. Ayrıca otopolimerizan kompozitlerde renk stabilizasyonunu sağlamak ve renkleşmeye neden

olan ultraviyole ışınlarını absorbe etmek amacıyla UV stabilizatör madde olarak 2-hidroksi-4-metoksi benzofenon kullanılır (Yücel 1995).

İnorganik Matriks

Kompozit reçinelerin inorganik matriks fazı; değişik şekil, boyut ve kimyasal yapıda olan inorganik doldurucuların kompozit rezinler içerisine ilave edilmesiyle oluşmaktadır (Labella ve ark. 1999). Bu faz kompozit reçine materyallerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin en önemli belirleyicisi olup matriks içine dağılmış olan çeşitli şekil ve büyüklükteki kuartz, borosilikat cam, lityum alüminyum silikat, stronsiyum, baryum, çinko ve yitrium cam, baryum alüminyum silikat gibi inorganik doldurucu partiküllerden oluşur (Dayangaç 2000). Yapı içerisindeki stronsiyum, baryum, çinko ve yitrium reçineye radyoaktifite sağlar. Silika partikülleri reçinenin metalik niteliklerini güçlendirerek, kompozitin ışığı geçirmesini sağlarlar. Böylece kompozit reçinenin yarı şeffaf bir görünüm kazanmasını sağlayarak mine dokusuna benzerlik kazandırılır. Saf silika, kristalin ve non kristalin formlarında bulunur. Kristalin formları serttir ancak kompozit reçinenin bitirme ve polisaj işlemini güçleştirir. Bu nedenle kompozit reçineler günümüzde silikanın non kristalin formu kullanılarak üretilmektedir. Kompozit reçinelerin içerisindeki inorganik doldurucular kompozitin aşınmaya dirençlerini, sertlik, basma dayanıklılığı ve elastik modülüslerini artırarak, termal genleşme katsayılarını düşürür ve polimerizasyon büzölmelerini azaltırlar. Estetik özelliklerinin gelişmesini sağlayarak reçineye translüens özelliklerini ve radyoaktifitelerini kazandırır (Burgess 2002; Peutzfeldt 1997).

Ara Faz

Bağlayıcı faz olarak da adlandırılan ara faz, kompozit reçinelerde inorganik matriks ile organik polimer matriks arasında bağlantı görevi yapar. En çok 3-metakriloksi-propil-tri-metoksisilan veya viniltrietoksisilan isimli organik silan bileşikleri kullanılır. Silanlar iki fonksiyonlu moleküller olup, bir taraftan doymamış metakrilat grupları ile kovalent bağlar kurarken, diğer taraftan cam veya kuartz partiküllerinin yüzeyindeki su veya OH gruplarını absorbe ederek esterleşirler. Silan bağlanma ajanları, reçinenin fiziksel, mekanik ve estetik özelliklerini geliştirdiği gibi, reçine-partikül arayüzü boyunca suyun geçişini önleyerek hidrolitik dengeyi sağlar, reçinenin çözünürlüğünü ve su emilimini azaltırlar (Yücel 1995; Robertson ve ark. 2006).

Kompozit reçineler, inorganik doldurucu partikül büyüklük ve yüzdelere göre, viskozitelerine göre, polimerizasyon yöntemlerine göre ve sınıflandırılabilirler. (Dayangaç 2000).

2.3.2.3. İnorganik Doldurucu Partikül Büyüklük ve Yüzdelere Göre Sınıflandırılması:

Kompozit reçineler inorganik doldurucu partikül büyüklük ve yüzdelere megafil kompozit reçineler, makrofil kompozit reçineler, midifil kompozit reçineler, minifil kompozit reçineler, mikrofil kompozit reçineler, hibrit kompozit reçineler ve nanokompozit reçineler olarak sınıflandırılırlar (Dayangaç 2000).

Megafil Kompozitler

İnorganik doldurucu partiküller 50-100 μm büyüklüğünde olan bu kompozitler; özel durumlarda kullanılan oldukça büyük doldurucular içeren yapıdadırlar (Robertson ve ark. 2006; Dayangaç 2000).

Makrofil Kompozitler:

Geleneksel kompozitler olarak da adlandırılan makrofil kompozitlerde doldurucu partikül büyüklükleri genellikle 10–100 μm arasında olup kuartz partiküllerinden oluşur ve ağırlıkça yüzdesi yaklaşık %70–80’dir. Partiküllerin büyük ve sert olmasından dolayı bu tür kompozitlerde, organik matriks inorganik partiküllere göre daha fazla aşınma göstererek kompozit reçinenin yüzeyinin pürüzlülüğüne ve renkle mesine neden olur. Makrofil kompozitlerde bitirme ve cila işlemlerinin zor olup; oklüzal aşınmalara karşı dirençleri düşük olduğ ndan posterior dişlerde kullanılmaları sakıncalıdır (Robertson ve ark. 2006; Dayangaç 2000; Ferrance 2011).

Midifil Kompozitler

Doldurucu partikül büyüklüğü ortalaması 1–10 μm arasında olan midifil kompozitler, makrofil kompozitlerden sonra piyasaya çıkmıştır. Doldurucu partikül olarak zirkonyum silikat, stronsiyum veya baryum içeren midifil kompozitler makrofil kompozitlerinin bitim özelliklerini iyileştirmek için geliştirilmiştir (Robertson ve ark. 2006; Kugel 2000).

Minifil Kompozitler

Doldurucu partiküllerin büyüklüğü 0,1–1 μm boyutlarında olan minifil kompozitler inorganik doldurucu olarak baryum, stronsiyum ve cam ile

yoğunlaştırılmış partiküller içerir. Kuartz yerine bu tür partiküllerin kullanılmasından dolayı reçinenin aşınmaya karşı direnci arttırılmış, cilalanabilme özellikleri daha iyileştirilmiş ve radyoopasite kazandırılmıştır. Aşınmaya karşı direncin arttırılmış olmasıyla bu tür kompozitler II. ve IV. sınıf kavitelere de kullanılabilir (Robertson ve ark. 2006; Kugel 2000).

Mikrofil kompozitler

Mikrofil kompozitlerde doldurucu partikül büyüklüğü 0,01-0,1 μm büyüklüğünde olup doldurucu partikül koloidal silikadır. Partikül miktarı makrofil kompozitlerden daha azdır. Partikül yüzdesi ağırlıkça yaklaşık %35-60 arasında, partikül hacmi ise yüzde %20-25 arasındadır. Bu yüzden yüksek konsantrasyonda doldurucu içeren kompozitlere göre; düşük elastiklik modülü ve kırılma dayanıklılığına sahip olup iyi cilalanabilirler. Anterior dişlerin restorasyonlarında kullanılabilir olup yüksek stres altındaki posterior restorasyonlarda kullanımlarının uygun değildir (Robertson ve ark. 2006; O'Brien 2008; Dayangaç 2000).

Hibrit Kompozitler

Farklı büyüklükteki doldurucu partiküllerin karışımı ile oluşan kompozit reçinelere hibrit kompozitler adı verilir. Makropartiküllü ve mikropartiküllü kompozit reçinelerin özelliklerini taşıyan hibrit kompozitler, partikül büyüklüğü olarak makropartiküllü reçinelerden daha küçük olup partikül miktarı ise mikropartiküllü reçinelerden daha fazladır. Ağırlıkça %70-%80 oranında ve 0,04 μm ve 1-5 μm boyutlarında (ortalama 0.6 μm) farklı doldurucu partiküller içermektedir. Fiziksel ve mekanik özellikleri ile makrofil ve minifil kompozitlere, yüzey düzgünlüğü ile de mikropartiküllü kompozitlere benzemektedir. Hibrit türünün isminin belirlenmesinde, içeriğinde bulunan büyük partikül kullanılır. Küçük partiküller, karışımın ikinci bileşenidirler (Robertson ve ark. 2006; Dayangaç 2000).

Hibrit kompozitlerde iki çeşit doldurucu partikül vardır. Modern hibrit doldurucuların çoğu koloidal silika (0.04 μm) öğütülmüş cam partiküllerden (0.6-2 μm) meydana gelir. Toplam doldurucu içeriği ağırlık olarak %75-80'dir. Cam partiküllerin ortalama boyutları 1 μm 'un altında olan hibrit kompozitler, mikrohibrit kompozit olarak adlandırılır. Hibrit ve özellikle mikrohibrit kompozitler, mekanik özelliklerin estetik özelliklerle birleştirilip geliştirilmiş olan ve bu nedenle hem anterior, hem de posterior bölge dişlerde uygulanabilen kompozit türlerdir (Yücel ve ark. 2004).

Nanokompozitler

Nanoteknoloji; çeşitli kimyasal ve fiziksel metotlarla 0.1 ile 100 nanometre (nm) aralığında fonksiyonel materyallerin ve yapıların üretimini kapsamaktadır ($1\text{nm}=1/1000\text{ }\mu\text{m}$). Nano birimi metrenin milyarda biri veya bir mikronun binde biri anlamına gelmektedir ve boyut olarak küçük olsa da potansiyeli oldukça geniştir. Günümüzde geliştirilen nano teknolojinin amacı daha küçük, daha hafif ve daha dayanıklı materyallerin üretilmesidir. Geleneksel doldurucu partiküller büyük kütlelerin öğütülmesi sonucunda oluşturulurken, nanopartikül teknolojisinde geleneksel teknolojinin tersine partikül oluşumu, atomun atoma, molekülün moleküle ilavesi ile küçük birimlerin bütünü oluşturması şeklinde gerçekleşmektedir (Mitra ve ark. 2003).

Nano-partiküllü kompozit reçinelerin organik yapısı geleneksel ve hibrit kompozit reçinelere benzer polimer yapılardan oluşmaktadır. İnorganik yapı ise nanomerler ve nanomer gruplar (nanokümeler) olarak iki ayrı kısımdan meydana gelir (Davis 2003). Nanokompozit reçinelerin yapısında bulunan nanomerler 5–75 nm boyutlarında, kümeleşmemiş tek tek partikül yapısındadırlar ve organik yapı içerisinde silanla çevrelenmiş halde bulunan silika partiküllerini içermektedir. Reçine matriksteki bu partiküllerin bir kısmı dağılmış olarak bulunmaktadır (Mitra ve ark. 2003).

Kompozit organik yapısına katılan nanomer grupları (nanokümeler) ise silika ve zirkonyum partikülleri içeren, nanomerlerin gevşek bağlar ile bir araya geldiği yapılardır. Zirkonya/silika partikülleri topluluk şeklinde zayıf bağlantılı kümeler oluştururlar. Kümelerin partikül boyutları 0.60-1.4 μm arasında değişmektedir. Zayıf bağlantılı kümeler, termodinamik faktörler yardımıyla, tek bir ünite gibi hareket ederler ve kompozitin monomer miktarının minimum olmasına yol açarlar. Buna bağlı olarak kompozitin polimerizasyon büzülmesi ve su Emilimi azalır, fiziksel özellikleri artar (Roberson ve ark. 2006). Bu nanomer grupları restorasyona gelen kuvvetler karşısında tek bir büyük partikül şeklinde direnç gösterirken, restorasyon yüzeyine etki eden aşındırıcı kuvvetler karşısında nanomerik düzeyde kopmalar meydana gelmektedir (Mitra ve ark. 2003; Yücel ve ark. 2004).

Nanokompozit reçinelerin yapısındaki nanodoldurucuların geleneksel reçinelerdeki dolduruculara göre daha küçük olmasından dolayı yüzey alanı artışına ve buna bağlı olarak kompozit reçinedeki organik ve inorganik yapı arasındaki bağlantının kuvvetinin artışına sebep olmaktadır (Mitra ve ark. 2003).

Nanokompozitler, nanofil kompozitler ve nanohibrit kompozitler olarak iki kısımdan oluşturmaktadır. Nanofil kompozitlerin partikül boyutu 0,005–0,01µm arasında olup doldurucu içerikleri ağırlıkça % 80-90 arasında değişebilmektedir. Çok küçük partiküllere sahip olduklarından çeşitli polimer zincirleri arasına iyi bir uyum göstererek yerleşebilirler ve translüensliği yüksektir. Doldurucular silika kökenli olmayabilir. Küresel şekildedirler ve gren boyları dardır. İçerdikleri yüksek doldurucu oranına rağmen düşük viskozitededirler. Kondanse edilebilir kıvamdadırlar (Dayangaç 2000).

Nanohibrit kompozitler, 0.4 ile 5 mikron arasında değişen büyük partiküllere nanometre boyutlarında partiküllerin eklenmesiyle oluşurlar. Her iki kompozit reçinenin özelliklerini taşımasına rağmen, hibrit türünün belirlenmesinde büyük partikül adı kullanılır. Küçük partiküller karışımın ikinci bileşenidirler (Sakaguchi ve Powers 2012).

Nanokompozit reçinelerin yapısında doldurucu oranı fazla olduğundan geleneksel kompozitlere göre organik matriks yapısı hacimce daha az ve polimerizasyon büzülmesi ve buna bağlı olarak da su Emilimi azalmıştır. Yapısında daha yüksek doldurucu partikül olmasından dolayı hibrit kompozitlere göre daha yüksek kırılma ve aşınma direnci gösterir ve yüksek düzeyde cilalanabilirlik özelliğine sahiptirler. Nanokompozitler, estetik özelliklere sahip olup; kolay uygulanan materyallerdir (Yücel ve ark. 2004; Yap ve ark. 2004).

2.3.2.4. Viskozitelerine Göre Kompozit Reçinelerin sınıflandırılması

Kondanse olabilen kompozitler ve akışkan kompozit reçineler olarak sınıflandırılırlar (Dayangaç 2000).

Akışkan kompozitler

Düşük doldurucu oranına ve düşük fiziksel özelliklere sahip hibrit kompozit reçinelerdir. İnorganik doldurucu miktarı ağırlıkça % 40-50 arasında değişmektedir. Daha fazla doldurucu içeren kompozit reçinelere göre aşınma dirençleri düşüktür. Ayrıca yüksek polimerizasyon büzülmeleri nedeniyle her zaman ince tabakalar halinde uygulanmalıdırlar (Koray ve Yücel 2002; Robertson 2006). Dentin duyarlılığının giderilmesinde, amalgam, kompozit ve kuronlarda oluşan kenar kırıklarının tamirinde, servikal lezyonlarda, küçük ve girişin zor olduğu kaviterlerde, proksimal kaviterlerde, kondanse olabilen kompozitlerin altında stres kırıcı olarak kullanılırlar (Dayangaç 2000).

Kondanse olabilen kompozitler

Bu tür kompozitlerde inorganik doldurucu oranı ve partikül miktarı arttırılmıştır. Amalgama benzer biçimde kondanse edilebilen bu visküz kompozitlerin doldurucu partikülleri hibrit kompozitlere oranla daha büyüktür. Karving işleminin yapılabilmesi, kaviteye basınç uygulanarak daha kolay yerleştirilebilmesi, kontakt noktalarının ideale yakın oluşturulabilmesi önemli avantajları arasında sayılırken; yüzey özelliklerinin kötü olması ve iyi kondanse edilmediklerinde tabakalar arasında hava kabarcıklarının kalması ise dezavantajdır (Dayangaç 2000; Uluakay ve ark. 2011).

2.3.2.5. Polimerizasyon yöntemlerine göre kompozitlerin sınıflandırılması

Kompozit reçineler polimerizasyon yöntemlerine göre; kimyasal yolla polimerize olan kompozitler, görünür ışık ile polimerize olan kompozitler, hem kimyasal hem de ışık ile polimerize olan kompozitler olarak üç grup altında incelenebilir.

Kimyasal yolla polimerize olan kompozitler

Otopolimerizan kompozit adı da verilen kimyasal yolla polimerize olan reçineler pat-pat, pat-likit, toz-likit komponentlerinin karıştırılmasıyla polimerize olurlar. Patların birinde polimerizasyonu başlatan benzoil peroksit, diğerinde polimerizasyonu hızlandıran organik amin (aromatik tersiyer amin) bulunur. İçerdikleri tersiyer aromatik aminlerin ağız ortamında kimyasal değişikliğe uğraması ile amin renkleşmesi görülür (Rawls ve ark. 2003).

Görünür ışık ile polimerize olan kompozitler

Polimerizasyon ortalama 420- 450 nm dalga boyunda olan görünür mavi ışıkla başlar. Tek pat halindeki kompozitler ışık emici olarak kamforokinon ve hızlandırıcı olarak da alifatik amin içerirler. Işıkla polimerize olan kompozit reçineler kimyasal yolla polimerize olan reçinelere göre tek komponent içermesi, hekimin çalışma zamanını kontrol edebilmesi, renk seçeneklerinin geniş olması, küçük parçalar halinde polimerize edildiklerinde daha az büzülme göstermesi gibi avantajlara sahiptir (Mills 1995).

Hem kimyasal hem de ışıkla polimerize olan kompozitler

Polimerizasyon derinliğinin sınırlı olması nedeni ile hem kimyasal hem de ışık ile polimerize olan kompozit reçineler geliştirilmiştir. Polimerizasyon hızı kimyasal

olarak yavaş gerçekleşen reçineye ilave olarak fotokimyasal bir polimerizasyon sağlanmıştır. Akışkan özellikte olup genellikle yapıştırma materyali olarak kullanılırlar. Polimerizasyonun tam olarak gerçekleşmediği derin kaviteelerde, 2 mm'den daha kalın kompozit uygulamalarında başarılıdır (Rawls ve ark. 2003).

2.4. İndirek Adeziv Restoratif Materyaller:

İndirek adeziv restoratif materyaller; indirek kompozit reçineler ve CAD/CAM(computer aided design-computer aided manufacturing) sistemler ile hazırlanan restoratif materyallerden oluşmaktadır.

2.4.1. İndirek kompozit reçineler:

Restoratif diş hekimliğindeki ilerlemeler ve hastaların estetik ile ilgili beklentilerinin artması, posterior bölgede metalik olmayan restorasyonlara talebin artmasına neden olmuştur (Van Meerbeek ve ark. 2003). Dental kompozitlerin içerikleri 1962 yılında Bowen tarafından diş hekimliğine sunulan BIS-GMA'dan bu yana sürekli bir gelişim göstermektedir. Materyal bilimindeki son gelişmeler reçine esaslı kompozitlerin fiziksel özelliklerini önemli ölçüde geliştirmiş ve klinik uygulamalarını arttırmıştır.

Dental restoratif kompozit materyalleri direk ve indirek reçine kompozitler olarak ikiye ayrılmaktadır (Nandini 2010). Reçine kompozitler başlangıçta anterior restoratif materyaller olarak kullanılmaktaydı. Daha sonra teknolojik ilerlemelerle birlikte posterior dişlerin kompozit reçineler ile restorasyon ihtiyacı doğmaya başlamıştır (Jackson ve ark. 2000; Nandini 2010).

Direk kompozit reçineler mükemmel optik ve mekanik özelliklere sahip olmalarına rağmen büyük posterior restorasyonlarda, C faktörü yüksek olan kaviteelerde polimerizasyon büzülmesinden dolayı büyük bir problem teşkil etmektedir ve adeziv sistemlerde bir hayli ilerleme kaydedilmesine rağmen, reçine ile kavite kenarı arasında oluşan polimerizasyon stresini engellenememektedir (Loguercio ve ark.2004; Thonemann ve ark. 1999).

Direk kompozit reçinelerde polimerizasyon büzülmesi, interproksimal kontakın tam olarak oluşturulamaması, derin kaviteelerde polimerizasyonun tam olarak sağlanamaması gözlenmekte ve buna bağlı olarak da mikrosızıntı, postoperatif hassasiyet ve rekürrens çürükler gözlenmektedir. Direk kompozit reçinelerde gözlenen

bu eksikliklerin giderilmesi için çeşitli yaklaşımlar önerilmiş ve indirek reçine kompozitler geliştirilmiştir (Nandini 2010; Thonemann ve ark. 1999; Loguercio ve ark. 2002; Davidson ve ark. 1997).

Touati ve Mörmann 1980 yılında ilk jenerasyon indirek kompozit reçineleri tanıtmışlardır. Bu reçinelerin içeriği direk kompozit reçinelerin içeriğine benzerdir. İlk ışınlama sonrasında kamforokinon ve serbest radikaller oluşmak üzere polimerleşme başlamakta ve çapraz bağlı polimerler oluşmaktadır. Bu indirek kompozit reçinelerde metakrilat gruplarının %25-50'sinin polimerize olmadığı gözlenmiştir (Nandini 2010; Miara 1998). Isı, ışık, basınç gibi ilave polimerizasyonlarına rağmen ilk jenerasyon indirek kompozit reçineler düşük bükülme direnci(60-80 MPa) ve düşük elastisite modülüne(2.0-3.5 GPa) sahiptirler. Ayrıca yapılarındaki inorganik doldurucu seviyesinin düşük ve hacim yoğunluğu % 50'den fazla olmasından dolayı reçinenin aşınması yüksektir (Ozakar-İlday 2013; Borba 2009). Aynı zamanda restorasyonun kırık insidansında artış, marjinal sızıntı, mikrosızıntı ve adeziv başarısızlıklarda artışa sebep olmuştur. Bu problemleri azaltmak için reçinenin inorganik doldurucu içeriğinin artırılması, doldurucu boyutunun azaltılması ve polimerizasyon sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Nandini 2010).

Birinci jenerasyon indirek kompozit reçinelerde görülen klinik başarısızlıklar ve çeşitli dezavantajlarından dolayı 1990'lı yılların başında ikinci jenerasyon indirek kompozit reçineler geliştirilmiştir. Bu reçinelerin gelişimi esas olarak yapı-bileşim, polimerizasyon tekniği ve fiber ilavesi üzerine olmuştur. İkinci jenerasyon indirek kompozit reçineler ilk jenerasyon reçinelerin mikrofil içeriğine karşın 0.04-1 mikron çapında değişen mikrohibrit doldurucu içeriğine sahiptir. Ayrıca doldurucu içeriği iki katına çıkmıştır. Doldurucu miktarının artmasıyla reçinenin mekanik özellikleri ve aşınma direnci artmış ve organik matriks miktarının azaltılmasıyla da polimerizasyon büzülmesi de azalmıştır (Nandini 2010; Miara 1998).

İkinci jenerasyon indirek kompozit reçinelerin polimerizasyonu için ısı, vakum, basınç ve oksijensiz ortam gibi spesifik koşullar kullanılmaktadır. İlave polimerizasyon ve inorganik doldurucu içeriğinin artmasından dolayı bükülme direnci 120-160 MPa'ya, elastisite modülü 8,5-12 GPa'ya yükselmiştir. Doldurucu içeriği farklı kompozit materyallerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir faktördür.

İndirek kompozit reçineler kullanılarak yapılan restorasyonlar sonucunda aşınmaya dirençli, estetik ve daha az post-operatif hassasiyet gözlenmektedir. İndirek kompozit reçineler intrakoronel posterior restorasyonlar için diş yapısını güçlendirip, hastaya estetik bir alternatif sunmaktadırlar. Ayrıca restorasyonun marjinal bütünlüğünün korunması, ideal proksimal kontakların sağlanması, mükemmel anatomik morfoloji ve optimal estetik özellikler sağlarlar. İndirek kompozit reçineler inley, onley, veneer, metal desteksiz kronlar ve anterior köprülerde kullanım endikasyonlarına sahiptirler (Ozakar-Ilday 2013; Touati ve Aidan 1997).

2.4.2. CAD/CAM sistemler ile hazırlanan restoratif materyaller:

Bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim sistemleri olarak adlandırılan CAD/CAM (computer aided design-computer aided manufacturing), daha önceleri teknolojinin birçok alanında sıklıkla kullanılan bir üretim şeklidir. Diş hekimliği alanında ise optik okuyucular aracılığıyla intraoral dokuların ilk olarak bilgisayar ortamında görüntülenebilmesi ABD’den Bruce Altschuler tarafından 1977’de gerçekleştirilmiştir. Restoratif diş hekimliğinde CAD/CAM uygulamaları ise 1980’lerde başlamış, Francois Duret isimli araştırmacı 1984’de Fransa’da ağız içerisinden optik olarak ölçü alımı, tasarım ve frezleme işlemi yapan ve kron restorasyonunu oklüzal şekliyle fonksiyonel olacak şekilde üreten ‘Duret sistemi’ni geliştirerek bir üyeli restorasyonlar elde etmiştir. 1988’de Werner Mörmann ile Marco Brandestini ilk dental CAD/CAM uygulamasını ‘Cerec sistem’ ile İsviçre’de gerçekleştirmişlerdir (Liu 2005).

1984’den günümüze Duret, Cerec, Celay, Procera, Cercon, Cicero ve Lava sistemler gibi birçok CAD/CAM sistemi geliştirilmiş ve günümüzde CAD/CAM sistemleri oldukça popüler hale gelmiştir (Griggs 2007). Seramik, kompozit veya metal bloklardan kuronlar, köprüler ve sabit protez alt yapıları üretmesinde kullanılan CAD/CAM sistemin temeli; çok hassas bir freze makinesinin, bilgisayar yazılımı ile çalıştırılması esasına dayanır. Kamera yardımı ile elde edilen veriler bilgisayara yüklenir. Daha sonra tasarımları (CAD) yapılarak üretime (CAM) geçilir (Heffernan ve ark. 2002).

Dental restorasyonlar için iki temel CAD/CAM yaklaşımı vardır. Bunlar kopya milleme ve CAD/CAM millemedir. Kopya milleme yöntemi için mum, plastik, alçı veya metal gibi milleme makinesine rehber oluşturan replikalar kullanılmaktadır. Replikanın yüzeyi, örnek döndürülerek ve bir uç yardımıyla yüzeye dokunarak

çizilmektedir. Bu yöntemde yüksek erime derecesi ve aşırı oksidasyon gösteren titanyum dahil, kompozit ve seramik materyallerde millemeye uğrayabilmektedirler.

CAD/CAM millemeye ise; diş preparasyonu veya restorasyon örneğinin dijital bilgileri kullanılmakta ve bir video monitörü değiştirme ve inceleme için bir CAD oluşturulmaktadır. Tasarım için üç boyutlu şekil kabul edildiğinde, bilgisayar resmi millemeye ucunu yönlendirecek talimatlara çevirmekte(CAM) ve bloktan restorasyon kesimi yapılmaktadır (Robertson ve ark. 2012).

CAD/CAM sistemleri temel olarak;

- Bilgisayarlı yüzey taraması (sayısallaştırma) [computer surface digitization (CSD)] ve ağız ortamından bilginin elde edilip kaydedilmesi (diş preparasyonu, mevcut dişin geometrisinin belirlenmesi)
- Altyapının tasarımı (CAD)
- Altyapının üretimi (CAM) olmak üzere üç fonksiyonel unsur içerirler (Strub ve ark. 2006).

Bilgisayarlı yüzey taraması aşamasında; ağız ortamındaki durumun bilgisayar ortamına aktarılması CAD/CAM sistemlerine göre farklılık göstermektedir. Genellikle tarama model üzerinden mekanik veya optik sayısallaştırıcılar (digitizer) ile elde edilirken; Cerec 3 sisteminde hasta başı tarama ve dizayn yapılabilmektedir. Mekanik sayısallaştırıcı, tarayıcının diş ile göreceli olarak pozisyonunu koruyarak, prepare edilen diş yüzeyinin tamamının haritasını oluşturur. Bu işlem genellikle elde edilen alçı model üzerinde olur. Optik tarayıcılarda ise ortamdan elde edilen veriler sistemin intraoral veya ekstraoral olarak optik kamerası ile sağlanır. Genellikle veri toplamak için kullanılan tarayıcı, CAD/CAM sisteminin bir parçasıdır ve yalnızca uygun CAD yazılımı ile çalışmaktadır (Strub ve ark. 2006; Quaas ve ark. 2007).

Bilgisayarlı yüzey tarama işleminden sonra toplanan veriler bilgisayar ortamında sanal modele dönüştürülmektedir. Bu sanal model üzerinde restorasyonun tasarımı tamamlandıktan sonra CAD yazılımı, sanal modeli, CAM ünitesini kontrol eden komutlar dizisine çevirmektedir. Bu komutlar sayesinde de aşındırma işlemi kontrol edilir ve restorasyon elde edilir (Strub ve ark. 2006).

CAD/CAM sistemlerinde restorasyonları elde etmek için değişik uygulama yöntemleri vardır. Bunlardan ilki hazır prefabrike bloklardan elmas frezler ve diskler yardımı ile aşındırılarak “eksiltme” yöntemidir. Eksiltme yönteminde prefabrik blokların %90'ının uzaklaştırılması dolayısıyla kullanılan materyalin çoğu boşa

harcanmaktadır. Bu yüzden eskitme yöntemine alternatif olarak günümüzde hızlı prototip üretimi gibi (üç boyutlu serbest-şekilli üretim/solid free-form fabrication) “ekleme” yöntemini kullanan CAM üretim sistemleri de geliştirilmiş ve geliştirilmektedir. Ekleme yönteminde, seramik veya metal toz havuzundaki materyal sürekli ilavelerle sinterize edilerek restorasyon tamamlanarak artık materyal sorununun önüne geçilmiştir. Hint ELs (Bego Medical AG) sistemi ekleme yöntemine bir örnektir. Üçüncü ve diğer yöntem ise; CAD/CAM sistemleri ekleme ve eksiltme yöntemlerini birlikte kullanıldığı kombine yöntemdir. Kombine sisteme Procera ve Wol-ceram sistemleri örnek verilebilir (Strub ve ark. 2006).

2.4.2.1. CAD/CAM Sistemlerin Avantajları:

- 1) CAD/CAM sistemler geleneksel ölçü alma yöntemlerini elimine ederek bekleme süresini kısaltmıştır.
- 2) Restorasyonların hata potansiyeli azalmış ve indirek restorasyonlardan kaynaklanabilecek çapraz enfeksiyonda önlenmiş olacaktır.
- 3) CAD/CAM sisteminin kullanılmasıyla seramik materyallerin kondensasyon, eritme, kaynaştırma işlemleri nispeten azalmıştır.
- 4) Tek seanslık uygulamalar olduğundan hasta ve hekim açısından zamandan kazanç sağlanacaktır.
- 5) Geçici kron hazırlama gibi zorunluluklar ortadan kalkacaktır.
- 6) Alt yapılar ve restorasyonlar CAD yazılımları ile dizayn edildikleri için teknisyenlerin işleri de kolaylaşacaktır (Karaalioğlu ve Duymuş 2008).

2.4.2.2. CAD/CAM sistemlerin dezavantajları :

- 1) CAD/CAM sistemlerin üretim maliyetleri pahalı olduğundan en büyük dezavantajı ekonomik olmamalarıdır.
- 2) Monokromatik blokların kullanımından dolayı estetik beklentilerin karşılanması her zaman beklenen bir sonuç değildir.
- 3) Derin subgingival marjinleri olan dişlerin görünümünün bilgisayar ortamına aktarılması zorlu bir durumdur bu yüzden dişeti retraksiyonu yapmak gerekebilir (Karaalioğlu ve Duymuş 2008).

Günümüzde CAD/CAM sistemleri inley, onley, laminate veneer, bölümlü kuron, tam kuron ve köprü sistemleri hareketli bölümlü protezlerin iskelet yapıları, implant cerrahisinde kullanılan stentlerin tasarlanıp üretilmesi maksillofasiyal protezlerin

hazırlanması gibi geniş bir endikasyon alanına sahiptir. CAD/CAM teknolojisi ayrıca implant destekli protezlerde dayanak, kuron-köprü ve hibrit protez altyapı tasarımı ve üretiminde de uygulanmaktadır (Ural 2011).

2.4.2.3. CAD/CAM Sistemlerin Ticari Modelleri

Güncel CAD-CAM sistemlerinden bazıları şunlardır;

- Cercon (Degudent, Frankfurt, Almanya),
- Procera (Nobel Biocare, Goteburg, İsveç),
- Lava 3M ESPE (Seefeld, Almanya),
- Cerec (Sirona, Bensheim, Almanya),
- Wol-Ceram (Wol-Dent, Ludwigshafen, Almanya),
- Precident DCS (DCS AG, Allschwil, İsviçre),
- Everest Kavo (Leutkirch, Almanya),
- DigiDent DentaCAD (Hint-ELs, Griesheim, Almanya) (Ural 2011).

Lava Sistemi

2002 yılında 3M ESPE (Dental Products, St. Paul MN) tarafından piyasaya sunulan Lava tam seramik sisteminde %3 mol yitriumla kısmi olarak stabilize edilen yarı sinterlenmiş Y-TZP (Yitriumstabilize tetragonal zirkonyum polikristalleri) bloklar kullanılmaktadır. Sistem, Lava Scan özel tarayıcı, Lava Form CAM ünitesi ve Lava Therm sinterleme fırını ve CAD/CAM yazılımından oluşmaktadır (Piwowarczyk ve ark. 2005). Lava sistemde prepare edilen dişler Lava Scan ile taranır, bu işlem kuron preparasyonları için yaklaşık 5 dakika, 3 üyeli köprüler içinse yaklaşık 12 dakikadır. Lava Scan ile taranan preparasyonlar Lava CAD yazılımına otomatik olarak aktarılarak kenar dizaynı ve gövde tasarımı yapılır. Tasarım işlemi sonrasında Lava Form ile yarı sinterlenmiş ZrO_2 seramik blok aşındırılır. Bu sistemin tamamen CAD destekli olması, teknisyenin mum modelasyon yapmasını gerekli kılan diğer sistemlere göre avantajını oluşturmaktadır (Denissen ve ark. 2000). ZrO_2 bloktan elde edilen altyapı son sinterizasyon sırasında %20 ile 25 arasında büzülme göstereceği için, milling işlemi ile büyütülmüş altyapı hazırlanmaktadır. Sonrasında yapılan sinterleme işlemi ile hacimce küçülme sağlanarak zirkonyum altyapıya gerçek boyutu, yoğunluğu ve direnci kazandırılır. Sinterlenen alt yapılar, zirkonyanın ısısal genleşme katsayısı ile uyumlu olan Lava Ceram seramik materyali ile bitirilir milling işlemi kuron için 35 dakika, 3 üyeli köprü için 75 dakika sürmektedir. CAM ünitesi 21 üye alt yapıya kadar müdahale

gerektirmeden çalışabilir (Piwowarczyk ve ark. 2005). Lava sisteminde, Lava zirkonya bloklar dışında yeni tanıtılan ve Lava zirkonya blokların geliştirilmiş hali olan zirkonya esaslı Lava Plus (3M ESPE, Seefeld, Germany) bloklar da kullanılmaktadır. Lava Plus bloklar Lava Zirkonya bloklardan daha yüksek translusensi gösterirler ve daha estetik görünüm elde etmek mümkündür. Kronların alt yapı şeklinde üretimine ilave olarak, üstün estetik özelliği sayesinde tek parça (monolitik) kron şeklinde üretimleri de mümkündür (Lava 2013).

Cerec Sistemi

Seramik Rekonstrüksiyon Sistemi olarak adlandırılan Cerec sistemi diş hekimliğinde klinikte kullanılan ilk CAD/CAM sistemidir. İlk Cerec sistemi olan Cerec 1 (Brains, Zürih, İsviçre) 3 eksenli aşındırma yapabilen ilk cihaz olup 1985 yılında Mörmann ve Brandestini tarafından porselen inley yapmak üzere geliştirilmiştir. 8 eksenli aşındırma yapabilen Cerec 2 sistemi (Siemens, Bensheim, Almanya) 1994 yılında ve Cerec 2'nin geliştirilmiş şekli olan Cerec 3 sistemi (Sirona, Bensheim, Almanya) ise 2000 yılında üretilmiştir. Günümüzde Cerec sistemleri Sirona Dental Sistemleri (Bensheim, Germany) firması tarafından geliştirilmektedir (Mörmann 2002). Cerec sisteminin en büyük avantajlarından biri, tek seansta restorasyonun tamamlanıp ağıza simante edilebilmesidir.

Cerec sisteminde optik ölçü alındıktan sonra ölçünün aktarımının sağlandığı bilgisayarda görüntü üzerindeki restorasyonun sınırlarının çizilip preparasyonun üç boyutlu tamamlanmış hali oluşturulur. 2003 yılında yeni bir yazılım geliştirilerek sisteme 3 boyutlu bir tasarım programı (Cerec 3D) dahil edilmiştir (Mörmann 2006). Cerec sistemi; alınan optik ölçünün aktarıldığı ve restorasyonun şeklinin düzenlendiği görüntü-ölçü algılama ünitesi (Cerec Image Unit) ve aşındırma işleminin yapıldığı freze ünitesine (Cerec in Lab) sahiptir. 2004 yılında sistem bünyesine dahil edilen inLab (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Germany) ünitesi ile laboratuvar ortamında da özellikle diş destekli sabit bölümlü seramik restorasyonların üretiminde CAD/CAM teknolojisine geçiş sağlanmıştır (Giordano 2006).

Birbirinden bağımsız çalışan CAD ve CAM ünitelerinin bağlantısı radyo dalgaları ile sağlanmaktadır. Bu özellik sayesinde bir üniteye bir restorasyon dizayn edilirken, diğer üniteye de diğer bir restorasyon freze edilebilir. Üretim, görüntü elde etme ve veri toplama işlemleri önemli ölçüde hızlandırılmıştır (Reiss 2001). İntraoral

kamera (Sirocam) ve dijital radyografi (Sidexis, Sirona) eklenerek alınan optik ölçüler e-mail yoluyla transfer edilebilir (Mörmann 2002).

2009 yılında Sirona firması Cerec Bluecam isimli kısa dalga boylu mavi ışığa dayalı ve daha hassas ölçü alınmasını sağlayan yeni bir görüntüleme sistemine geçmiştir. Bluecam ile ölçü alınmadan önce özel bir pudra taranacak alana püskürtülmektedir. 2011 yılında ise Cerec SW 4.0 yazılımı tanıtılmıştır. Cerec SW 4.0 yazılımıyla sistem daha kullanışlı hale gelmiştir (Mehl 2009).

Son olarak 2012 yılında sirona firması Cerec Omnicam ağız içi kamerasını geliştirmiştir. Bu kamera pudra kullanımını ortadan kaldırarak ve renkli ölçü alınmasını sağlamıştır. Cerec Bluecam'de dişe doğrudan sabitlenerek ölçü alınırken Omnicam'de dişten 0-15 mm uzaklıkta tutularak ölçü alınmaktadır (Sirona 2015).

Cerec sisteminin, yüksek maliyeti, restorasyonların monokromatik bloklardan hazırlanması nedeni ile estetik sağlanamaması ve subgingival bölgelerde dijital fotoğraf alınamaması gibi dezavantajları mevcuttur. Cerec sistemi, inley, onley, lamina veneer restorasyonlar ve kuron restorasyonlarının hazırlanmasında kullanılmaktadır (Mörmann 2002).

2.5. CAD/CAM Sistemler ile Kullanılan Materyaller

CAD/CAM Seramik Bloklar	CAD/CAM Kompozit Bloklar	CAD/CAM Hibrit Bloklar
Vita Mark 2	Paradigm MZ 100	Lava Ultimate
IPS Empress Cad		Vita Supranity
IPS e.max Cad		GC Cerasmart
InCeram Zirkonia		
Procera AllCeram		

Tablo 2-1: CAD/CAM Sistemler ile Kullanılan Materyaller

CAD/CAM sistemler tarafından üretilen dental restorasyonlar standart malzeme üretim kalitesine, restorasyonların tekrarlanabilirliğine ve üretim maliyetlerindeki azalmaya neden olmakta ve standardize edilmiş şekilde üretilmektedirler. Dental restorasyonlar için CAD/CAM sistemler ile kullanılan materyaller; seramik bloklar, kompozit reçine bloklar ve reçine hibrit nanoseramik bloklar olarak sınıflandırılmaktadır (Lauvahutanon ve ark. 2014).

2.5.1. CAD/CAM Seramik Bloklar

Son yıllarda hastaların estetik tercihlerindeki değişiklikler nedeniyle metal içermeyen restorasyonlara talep önemli ölçüde artmıştır. CAD/CAM teknolojilerindeki gelişmelerde, bu artışı çeşitli seramik materyalleriyle başarılı bir şekilde kullanmaktadır. Isı ve basınçla şekillendirilen seramikler gibi, CAD/CAM sistemlerinde kullanılan seramikler de prefabrike bloklar halinde hazır bulunmaktadır. Bu bloklar frezeleme işlemi veya bilgisayar kontrolünde çalışan cihazlar ile kesime tabi tutulur. Bu bloklar kısmi sinterlenmiş veya tam sinterlenmiş halde bulunur (Nobuaki ve ark. 2015; Griggs 2007).

İlk CAD/CAM seramik bloklar 1985 yılında VitaTM Mark I(Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) ticari ismiyle kullanıma sunulmuştur. İnley, onley ve veneer kronlarda kullanım amacıyla geliştirilen CAD/CAM seramik bloklar 120 MPa eğilme dayanımına sahipti. 1991'de CEREC için özel olarak tanıtılan yaklaşık hacminin % 30'unu lüsit kristalleri içeren VitaTM Mark II (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) seramik bloklar geliştirilmiştir. Bu bloklar yaklaşık 100 MPa ila 160 MPa arasında bir eğilme dayanımı ile daha iyi mekanik özellikler göstermekteydi (Li ve ark. 2014; Lauvahutanon ve ark. 2014).

CAD/CAM seramik bloklar; lityum disilikat seramikler, lüsitli güçlendirilmiş cam seramikler, feldspatik cam seramikler, alüminyum oksit ve zirkonyum oksitle güçlendirilmiş seramik bloklar şeklinde bulunmakta olup son yıllarda CAD/CAM materyallerin üretiminde artış meydana gelmektedir (Cekic-Nagas ve ark. 2016).

CAD/CAM seramik blokların avantajları;

- Başarılı doğal görünüme sahip olması
- Estetik olması
- Mekanik ve optik özelliklerinin iyi olması
- Biyouyumlu olması
- Kimyasal olarak stabil olması

Dezavantajları ise;

- Oldukça sert ve güçlü materyaller olması
- Kırılgan olması
- Tamir edilmesinin zor olması
- Karşıt dişte aşınmaya neden olmasıdır (Cekic-Nagas ve ark. 2016; Ruse ve ark. 2014).

CAD/CAM sistemlerde kullanılan porselen veya cam seramik materyaller porsuzdur ve genellikle kristalin veya nonkristalin fazlar içermektedirler. Bu çift fazlı içerik sayesinde, restorasyonun iç yüzeyleri mikromekanik retansiyon için bağlayıcı ajanlar ve yapıştırıcı simanlar ile pürüzlendirilebilmektedir (Robertson 2012).

2.5.2. CAD/CAM Kompozit Reçine Bloklar

Son yıllarda üretim teknolojilerinin gelişmesine paralel olarak uniform malzeme kalitesi, estetik materyallerin kullanımındaki artış CAD/CAM sistemlerini oldukça cazip hale getirmiştir. CAD/CAM teknolojilerinde seramik materyallerin oldukça sık kullanımına karşın beraberinde getirdiği dezavantajlar ve maliyetlerinin yüksek oluşu nedeniyle araştırmacıları alternatif materyal arayışına yöneltmiştir. Son yıllarda kompozit reçine materyalleri geleneksel olarak direk ve indirek restorasyonların kullanımı yanında CAD/CAM reçine blok olarak da kullanıma başlanılmıştır (Nobuaki ve ark. 2015).

CAD/CAM sistemlerde kullanılan kompozit reçine bloklar ilk olarak 2000’li yıllarda tanıtılmış ve ışıkla polimerize olacak şekilde üretilmişlerdir. Nanohibrit ve nanodolduruculu kompozit reçinelerin gelişimiyle birlikte CAD/CAM kompozit reçine blokların teknolojisinde büyük ilerleme göstermiştir. Nanohibrit, nanodolduruculu ve hibrit kompozit reçinelerin yüksek ısı ve basınç altında polimerizasyonu ile CAD/CAM kompozit reçine bloklarında mekanik özellikleri gelişme kaydetmiştir (Lauvahutanon ve ark. 2014).

CAD/CAM kompozit reçine bloklar, yüksek sıcaklık ve basınç içeren endüstriyel polimerizasyon işlemlerini kullanarak, yüksek dereceli dönüştürme ve düşük miktarda artık monomer ile üretilmektedir. Bu yüzden renk stabilitesi ve fiziksel özellikleri açısından geleneksel kompozit reçinelere göre daha üstün özelliklere sahiptir (Nobuaki ve ark. 2015). Geleneksel tekniklerle polimerize olan kompozit reçine materyallere kıyasla CAD/CAM kompozit reçine bloklar biyomekanik direnç açısından yapılan çalışmalarda daha başarılı sonuçlar sergilemektedirler (Güth ve ark. 2012).

CAD/CAM kompozit reçine blokların avantajları;

- İşlenebilirliğinin fazla oluşu
- Estetik olması
- Seramik bloklara göre daha kolay tamir edilebilmesi
- Üretiminin daha kolay olması

- Milleme işleminde seramik bloklara göre daha az chipping görülmesi
- Seramik bloklara göre daha iyi kırılma direnci
- Karşıt dişte daha az aşınmaya neden olmasıdır.

Dezavantajları ise;

- Eğilme ve bükülme direnci gibi mekanik özelliklerinin seramik bloklardan daha az olması
- Transluseslik, opalesans ve floresans gibi optik özelliklerinin seramik bloklara göre daha az olmasıdır (Cekic-Nagas ve ark. 2016; Nobuaki ve ark. 2015; Ruse ve ark. 2014).

Fasbinder ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada CAD/ CAM kompozit inleylerin 3 yıllık klinik kullanım sonrası CAD/CAM seramik inleyle göre daha iyi bir renk uyumu gösterdiği bulunmuştur (Fasbinder ve ark. 2005).

CAD/CAM cam seramik ve kompozit reçine bloklar arasında özellikleri açısından yapılan karşılaştırmalarda seramik bloklar kompozit reçinelere göre daha üstün özelliklere sahiptirler. Fakat kompozit reçineler seramik materyallere oranla daha kolay bir şekilde ağız içi tamire olanak tanırırlar. CAD/CAM cam seramik bloklardan yapılan restorasyonların ağız içi tamirinde oldukça koroziv ve toksik bir madde olan HF asitle pürüzlendirme işlemini takiben tamamen seramikten farklı olan kompozit reçine materyali ile tamir edilmektedir. Tam tersine CAD/CAM kompozit reçine materyallerinin tamirinde ise kumlama ya da elmas frezle pürüzlendirmeyi takiben kullanılan bloklarda olduğu gibi aynı mekanik ve optik özelliklere sahip olan bir kompozit reçine ile tamir edilebilmektedir (Tsitrou ve ark. 2007).

CAD/CAM uygulamaları için ilk ticari reçine kompozit Z100 direk restoratif reçine kompozitin polimerizasyonu ile elde edilen Paradigm MZ100 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)dür. Paradigm MZ100 blok, ağırlıkla çapraz bağlanmış polimerik matrisi güçlendiren ağırlıkça% 85 ultra ince zirkonya silika seramik parçacıkları içerir. Polimer matris BIS-GMA ve TEGDMA'dan oluşur. Çok ince zirkonya-silika doldurucu partikülleri patentli bir sol-jel işlemi ile sentezlenir. Böylece amorf silisyum içinde dağınık nanokristalin zirkonya yapısı ortaya çıkar. Bu parçacıklar küresel bir şekle sahiptir ve ortalama parçacık boyutu 0.6 mikrometredir. Bu, geleneksel hibrit kompozitlerdeki cam doldurucunun tersine materyale radyoaktiflik, aşınma direnci ve dayanıklılık kazandırır. Bu doldurucu ve polimer bileşenleri dayanıklılık, yüksek cila

özelliği, gerçeğe benzer estetik ve mükemmel freze özelliklerine sahip esnek bir kompozit reçine blok yapısını oluşturmaktadır (Ruse ve ark. 2014; 3M Dental Product 2016).

2.5.3. CAD/CAM Hibrit Bloklar

CAD/CAM teknolojisindeki son gelişmelere bağlı olarak seramik ve kompozit reçinelerin avantajlarını bir araya getiren restoratif materyallerin geliştirilmesi indirek estetik restorasyonların özelliklerini ve ömrünü artıracaktır (Elsaka 2014). CAD/CAM cam seramik blokların dezavantajlarını ortadan kaldırmak için ‘hibrit’ olarak adlandırılan ve dağınık dolduruculu kompozit reçine materyalini de kombine olarak kullanıldığı bloklar kullanıma sunulmuştur. Polimer ağa infiltre olmuş seramik temelinden materyaller olarak tanımlanan hibrit materyaller, seramik ve kompozit reçine blokların olumlu özelliklerini bir arada toplamıştır. Hibrit bloklardan üretilen restorasyonun marjinal adaptasyonu daha iyi olmakta ve milledme sırasında chipping daha az gözlenmektedir. Restorasyonda meydana gelen kırık ve küçük madde kayıplarında ağız içi tamiri kolaylıkla yapılabilmektedir. Hibrit bloklar direk kompozit materyalleriyle karşılaştırıldığında fizikomekanik özellikleri oldukça iyidir (Peumans ve ark. 2016).

Vita Enamic(Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany), GC Cerasmart (GC Dental Products, Leuven, Belgium) ve Lava Ultimate (3M ESPE, Seefeld, Germany) üstün estetik görünüm sağlayan son CAD/CAM hibrit blok materyalleridir.

2.5.3.1. Vita Enamic

Vita Enamic çift ağ yapısına sahip 2013 yılında geliştirilen ilk hibrit dental seramiktir. Baskın seramik ağ yapısı polimer ağ ile güçlendirilmiş olup her iki ağda birbirine bütünleşmiştir. Materyalin inorganik yapısını oluşturan alüminyum oksitten zenginleştirilmiş, ağırlıkça %86 oranında ince yapılı feldspardan oluşan seramik kısım önce sinterlenir, ağırlıkça %14 oranında üreten dimetrakrilat ve trietilen glikol dimetakrilattan oluşan polimer faz ile infiltre edilir. Vita Enamic seramik ve kompozit reçine materyallerinin olumlu özelliklerinin kombinasyonu bir materyaldir. Seramik bloklarla karşılaştırıldığında kırılma ve sertliğinin azalması sonucu esnek ve kırılmaya dirençli bir hale gelmiştir. Mekanik özellikleri mine ve dentin dokusuna yakındır (Elsaka 2014; Vita Enamic network).

2.5.3.2. GC Cerasmart

GC Cerasmart, ağırlıkça% 71 dolgu maddesi partikülleri içeren yüksek yoğunluklu bir kompozit reçine blok materyalidir (Güngör ve ark. 2016). Dayanıklılığı yüksek seramik ve kompozit içeren en son CAD/CAM kompozit bloğudur. Bu sistem tamamen homojen ve eşit olarak dağıtılan nanoseramik ağ yapısı sayesinde üstün fiziksel özellikler sergilemektedir (Tekçe ve ark. 2016).

Cerasmart posterior, anterior, inley, onley ve implant restorasyonlar için kullanıma uygundur ve ayrıca minimal invaziv restorasyonlar için diş dokusunda minimum madde kaybına yol açar. Materyal oldukça esnek, marjinal uyumu iyi, doğal opalesans ve floresans özelliklerine sahiptir (GC network).

2.5.3.3. Lava Ultimate Restoratif

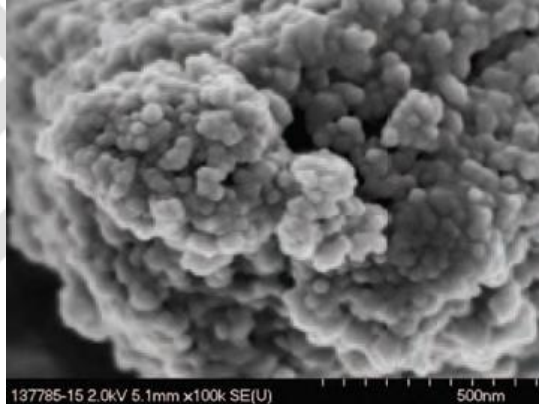
Günümüzde, en yeni nesil CAD / CAM kompozit reçine bloklar, nano teknoloji seramik parçacıklarıyla dolu ve ısı, basınç ve kontrollü atmosfer altında polimerize edilmiştir. Bu üretim teknolojisi sayesinde, bu bloklar dayanıklılık, renk kararlılığı ve estetik gibi diş yapısına benzer özelliklere sahip olmaktadır (Kassotakis ve ark. 2015).

Oldukça yeni bir materyal olan ve nanoteknolojiyi kullanılarak tasarlanan Lava Ultimate CAD/CAM Restorative blok ‘Resin Nano Ceramic’ (RNC) olarak adlandırılan kompozit ve seramik karışımı yapıda olup, CAD/CAM reçine nanoseramik bloklar olarak sınıflandırılmıştır. Nonomer parçaları tek parçacıklı ve bir araya gelmemiş nanopartiküller şeklinde bulunmaktadır. İşlenmiş nanoparçacıklar, özel bir yöntemle silan bağlama ajanı ile muamele edilir. Bu fonksiyonel silan, önce kimyasal olarak nanoseramik yüzeye ve daha sonra blokların üretimi esnasında da reçine matrisine kimyasal olarak bağlanır. Böylece materyal yapısı içerisindeki reçine ve nanoseramik yapılar içerikte bulunan silan aracılığı ile kimyasal bütünlük oluşturmaktadır.

Nanopartiküllerin birleşmesi sonucu nanoöbek(nanocluster) yapısı oluşmaktadır. Yapısal olarak yoğun parçacıklardan farklı olmasına rağmen, bu nanoöbekler, seramik doldurucuların yüksek bir oranının bloklara dahil edilmesine olanak tanıyan yapısal bütünlüğüne sahiptir ve bu da yapıya dayanıklılık, kırılma ve aşınma direnci özellikleri sağlar. Nanoöbekler kompozit reçine yapı içerisinde toplam ağırlığın % 80’ini kapsayan 4-11 nm çapında zirkon ve yaklaşık 20 nm çapındaki silika doldurucular ve nonomerler,

silanize ajanlar ile yapı içerisinde yer almaktadır. Nanoöbeklerin ortalama parçacık boyutu 0.6 ila 10 mikrometre arasında değişmektedir.

Nanoöbek içeren formülasyonlara nanomer parçacıklarının ilavesi doldurucu partiküllerin interstisyel aralığını düşürür ve daha yüksek nanoseramik içeriğinin oluşmasına yol açar. Reçine ilaveli nanopartiküllerle güçlendirilmiş matris tek başına reçineden çok daha sert ve çok daha aşınmaya dirençlidir. Lava Ultimate restoratif, özel olarak birkaç saat bir ısıtma işlem aşamasına tabi tutulmaktadır. Bu işlem sayesinde, nanoöbekler tarafından oluşturulan yüksek dayanıklılık ve aşınma direnci artmakta; aynı zamanda nanopartiküllerin optik özellikleri ve polisajı önemli ölçüde belirgin hale gelmektedir (Tuncer 2016; Stawarczyk ve ark. 2012; Stawarczyk ve ark. 2013; 3M ESPE. Lava ultimate technical product profile: 2011).



Şekil 2-1: Lava Ultimate'ın SEM'de görünümü (3M Technical product profile; 3M ESPE)

Chen ve ark. yaptığı çalışmada Lava Ultimate materyali ultra ince (0.5 mm) bir restorasyonda kullanıldığında seramikten daha iyi bir performansa sahip olduğu rapor edilmiştir (Chen ve ark. 2014).

Lava Ultimate Blokların avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- 1- Isıl işlemler fabrikasyon sırasında tamamlandığından, restorasyon üretilmesi sırasında ekstra işleme gerek duyulmaz.
- 2- Nanomer yapılarından dolayı yüksek aşınma ve kırılma dayanıklılığı gösterirler.
- 3- Nanomer içeriği materyalin kolay mekanik polisajına izin verir ve polisajın kalıcılığı cam seramiklerle benzerlik gösterir ve kompozit materyallere göre daha yüksektir.
- 4- Yüksek direnç özelliği ve dentine benzerlik gösteren elastisite modülü sayesinde çiğneme sırasında dişe iletilen kuvvetleri dişe beraber absorbe edebilir.

- 5- Işıklı polimerize olan kompozitler kullanılarak tamir işlemine olanak vermektedirler.
- 6- Diş benzer floresans özelliğinden dolayı estetiğin önemli olduğu alanlarda kullanılabilirler (Öz 2015).

Lava Ultimate Restoratif materyali inley, onley ve lamina vener restorasyonlarında kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda Lava Ultimate Restoratif ile yapılan tek üye kronlarda adeziv reçine simanla materyal arasında kopma ve desimantasyon meydana geldiğinden kron endikasyonu açısından kısıtlama vardır. Aynı zamanda anterior ve posterior bölgedeki iki parçalı abutmentlerde ve köprü restorasyonlarında kullanımı önerilmemektedir (Lava Ultimate product shift).

2.6. Tamir ve Yüzey Hazırlığı

Adeziv diş hekimliği alanındaki yeni gelişmelere paralel olarak restorasyonların ağız içi tamiri minimal invaziv diş hekimliğinin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Restorasyonda meydana gelen kırıklar hem hasta hem de diş hekimi açısından estetik ve fonksiyonel olarak ciddi bir problem teşkil etmektedir. Bu yüzden restorasyonların tamirinde kalan sağlam diş yapısının korunması için alternatif tamir metotları araştırmak oldukça önemlidir (Al-Thagafi ve ark. 2016). Son yıllarda tüm restorasyonun ağızdan çıkarılmadan ağız içi doğrudan tamiri oldukça popüler olmuştur. Restorasyonların ağız içi tamiri restorasyona ve dental dokulara travmanın önlenmesi ve korunmasını sağlayarak indirek restorasyonların daha uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır (Ozcan ve ark. 2009; Erdemir ve ark. 2014).

Günümüzde klinik koşullarda tamir protokolü, kırık yüzeyine yüzey hazırlığı uygulanması ve düşük maliyet, iyi estetik, kolay kullanım özellikleri gösteren ve klinikte yaygın olarak kullanılan kompozit reçine gibi bir materyalle tamir edilmesidir (Robbins 1997; Fabianelli ve ark. 2010; Panah ve ark. 2008).

Kompozit tamiri ile ilgili çalışmalar ara yüzdeki bağlanma kuvvetlerinin direncinin, tamir edilecek restorasyonun yaşına, yüzey özelliklerine, polimerizasyon ortamına ve bağlayıcı ajan kullanımı gibi faktörlere bağlı değişkenlik göstermektedir. Ayrıca tamir işleminde kullanılacak bağlayıcı ajanın viskozitesi ve ıslatma özelliği, kompozitin kıvamı ve içerdiği doldurucuların özelliği bağlanma kuvvetlerinde etkili olduğu bildirilmiştir. Tüm bu araştırmaların sonucunda; restorasyonun yaşının artması, yüzey pürüzlülüğünün artması, bağlayıcı ajanın viskozitesinin azalması ve yüzeye bir

kontaminasyon olmasıyla bağlanma kuvvetlerinin azaldığı sonucu vurgulanmaktadır (Tezvergil ve ark. 2003; Erdemir ve ark. 2004).

Reçine esaslı kompozit materyallerin kompozit materyaller ile tamirleri üzerine birçok farklı tekniği içeren çeşitli protokoller bilimsel çalışmalarda irdelenmiştir. Reçine kompozit materyallerin tamiri kompozit yüzeyinde mikromekanik veya fizikokimyasal değişiklikler oluşturacak hazırlıklar ile materyalin adezyon kapasitesine dayanır (Lucena-Martín ve ark. 2001; Brentel 2007; Ozcan 2002).

Kompozit reçinenin tamir edilecek yüzeye sıkı bir şekilde bağlanabilmesi, mikromekanik bir yüzey kilitlenmesine, tamir edilen yüzeyin aktivasyonu ile kimyasal bağlantı sağlanabilmesine veya mekanik ve kimyasal bağlantının her ikisinin bir arada olmasına bağlıdır (Blatz ve ark. 2002).

Restoratif diş hekimliğinde sıklıkla uygulanan kompozit ve seramik lamina, inley, onley restorasyonlar ve protetik tedavide uygulanan tam seramik kron ve köprülerin yapıştırılması ve metal destekli seramiklerin tamiri için de yüzey işlemleri uygulanmaktadır. Başarılı bir bağlantı için yüzey işlemi uygulamaları tek başına yeterli olmamaktadır. Mikromekanik retansiyon ile birlikte yüzeyin yeterli derecede adeziv tarafından ıslatılabilmesi gerekmektedir. Bu nedenle tamir işlemi öncesi yüzey üzerindeki artık maddeler uzaklaştırılarak temiz bir yüzeye materyalin tamiri için gerekli olan işlemler ve materyalin adezyonu için bağlayıcı ajanların uygulanması son derece önemlidir (Blatz ve ark. 2002).

Yüzey hazırlıkları; yüzeyin pürüzlendirilmesi, tribokimyasal silika ile pürüzlendirme ve kaplama, yüzeyde mikro-mekanik pürüzlendirme yapmak amacıyla hidroflorik asit ya da ortofosforik asit ile asitleme veya kompozit yüzeyine asitleme ve pürüzlendirme sonrası kimyasal bağlanma elde etmek üzere yüzeyin silanlanması şeklinde farklı protokoller ile sağlanabilir. Yüzey hazırlığı yapılan kompozit yüzeyine tamir materyali olan kompozit reçinenin optimal koşullarda bağlanmasını sağlamak amacıyla yüzeye silan uygulamasını takiben reçine bağlayıcı ajanların uygulanması önerilen bir diğer aşamadır. Son yıllarda üretilen yapılarındaki asidik özellikli fosfat monomerlerin yanı sıra silan da içeren universal bağlayıcı ajanların gerek diş dokularına ideal adezyonun elde edilmesi adına gerek mine ve dentin dokularına uygulama sırasında teknik hassasiyeti düşürülmesi amacıyla gerekse adeziv simantasyon imkanı sunan indirekt materyallerde kullanımları önerilmektedir (Kukiattrakoon ve ark. 2012; Yeşilyurt ve ark. 2009; Staxrud ve Dahl 2011; Da Costa ve ark. 2012).

Tamir materyali ile uygulandığı yüzey arasında oluşacak retansiyon, materyal uygulanmadan önce yapılan yüzey hazırlıklarıyla ilişkilidir. Tamir edilecek yüzeye uygulanan işlemler mekanik, kimyasal ve mekanik ve kimyasal olmak üzere üç ana grup altında toplanabilir.

2.6.1. Mekanik Yüzey İşlemleri

2.6.1.1. Asitle pürüzlendirme

Asitle pürüzlendirme işlemi yüzey hazırlığı aşamasında önemli bir basamak olup uygulandığı materyalin yüzey enerjisini ve reçinenin seramik yüzeyine bağlantısını değiştirerek yüzey alanını ve ıslanabilirliği arttırmaktadır (Della Bona ve ark. 2004; Zogheib ve ark. 2011).

Tamir işlemi için reçine ya da seramik yüzeyine uygulanan asit sonucunda yüzeyde oluşan bağlanma dayanımı; tamir için uygulanan reçinenin materyal yüzeyinde oluşan boşluklara girmesi ve bu yüzeylere kilitlenmesi yoluyla artmaktadır (Jedynakiewicz ve Martin 2001). Tamir edilecek restorasyonun asitle pürüzlendirme işleminde özellikle feldspatik ve cam seramikler gibi klasik porselenlere reçine bağlantısı konusunda olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Anusavice 1993).

Mekanik yüzey işleminde kullanılan en yaygın yöntem hidroflorik asitle (HF) ve fosforik asitle (H_3PO_4) yüzeyin pürüzlendirilmesi ve sonucunda mikromekanik bağlantının sağlanmasıdır (Blatz ve ark. 2002).

Hidroflorik Asit Uygulaması:

Hidroflorik asit (HF) seramik yüzeyinin asitlenmesi için sıklıkla kullanılan bir ajan olup % 2.5–10 oranlarındaki konsantrasyon ve 1 dk'dan 3 dk'ya kadar değişen uygulama sürelerinde uygulanabilir. Hidroflorik asit uygulamasıyla seramik matriksten cam kısım çözülüp uzaklaşarak lösit kristalleri çevresinde andırkatlar oluşur ve buna bağlı olarak da seramik yüzeyinde amorf bir yapı ile çok sayıda gözenek meydana getirerek seramik ile tamir materyali olarak kullanılan kompozit reçinenin bu boşlukları doldurarak güçlü bir mikromekanik bağlantı oluşturmasını kuvvetlendirir. HF asit uygulaması sonrasında, cam seramik materyallerde tamir için uygun yüzey yapısı ve pürüzlülük sağlanabilmektedir (Della Bona ve Van Noort 1995; Wolf 1993).

Hidroflorik asit yüksek kristal yapıdaki seramiklerde ve non kristalin yapı içeren seramiklerde tamir için yeterli düzeyde retantif alan elde edilememektedir. Bu

seramiklerde uygun mekanik kilitlenmeyi sağlayabilmek için ilave yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır (Ozcan ve Valittu 2003; Derand 2000; Blatz ve ark. 2002).

HF asitin pK değerinin 3.45 olup, su içinde kolaylıkla çözünerek kuvvetli reaksiyonlara yol açtığı gösterilmiştir. Hidroflorik asitle temas edildiğinde canlı dokulardan hızla penetre olarak ani su kaybına yol açmaktadır (Tylka ve Stewart 1994).

Özellikle deriye teması ve inhale edilmesi durumunda akciğerlere de ciddi şekilde zarar verebilmektedir. Seramik yüzeylerde yeterli pürüzlendirme yeteneğine rağmen, bu tip zararlı yan etkileri nedeniyle HF asitin ağız içi kullanımı, çoğu ülkede yasaklanmıştır (Tylka ve Stewart 1994).

Hidroflorik asitin ağız içinde kullanımı durumunda ise mutlaka %6 ve %10 arasında değişen düşük konsantrasyonlarda tercih edilmesi gerekmektedir. Uygulamaya başlamadan önce mutlaka rubber-dam izolasyonu yapılmalı ve cerrahi aspiratörle birlikte kullanılmalıdır (Denehy ve ark. 1998).

Fosforik Asit:

Reçine esaslı kompozit materyalinin veya seramik içerikli materyallerin tamir işleminde hidroflorik asitin ağız içi kullanımında canlı dokulara ciddi potansiyel yan etkilerini önlemek için hidroflorik asite alternatif olarak, % 36-40 oranlarındaki fosforik ajanlardan yararlanılır. Hidroflorik aside göre daha zayıf bir asittir ve ağız içinde güvenli bir şekilde kullanılabilir (Denehy ve ark. 1998). Fosforik asit seramik yüzeylerde mikrostrüktürel bir değişikliğe sebep olmaz fakat kontamine olmuş yüzeyin temizlenebilmesini sağlar (Attia ve Kern 2004).

Kussano ve ark. yaptıkları bir çalışmada fosforik asitin seramik morfolojisinde değişim yaratmadığı ve yüzeyin temizlenmesi amacıyla kullanılabileceğini rapor etmişlerdir (Kussano ve ark. 2003).

Asidüle Fosfat Florür:

AFP(asidüle fosfat florür) klinikte kullanılan topikal florid jelidir ve seramik yüzeyine uygulandığında yüzeyin homojen, etkili asitlenmesini sağlar ve % 1.23 oranındaki kullanılır. Tylka ve ark. yaptığı çalışmada %1,23'lük APF jelinin 10 dakikalık uygulanmasıyla elde edilen yüzeyin, %9,5'luk HF asitin 5 dakikalık uygulanmasıyla elde edilen yüzey kadar pürüzlü ve amorf olmadığı bulunmuştur (Tylka ve Stewart 1994).

2.6.1.2. Frezle pürüzlendirme

Tamir edilecek yüzeylerin dönen aletlerle aşındırılması ile mekanik bağlantı sağlanır ve bu yüzey hazırlık işleminin uygulanmasının en büyük avantajı ağız ortamında kolayca uygulanabilir oluşudur. Aşındırma işlemi silisyum karbid veya Al_2O_3 aşındırıcı içeren zımparalar, disk şeklindeki aletler veya elmas frezlerle yapılmaktadır. Elmas frezler kullanıldığında diğer yöntemlere göre daha pürüzlü yüzeyler elde edilebilir. Yüzey pürüzlendirilmesi amacıyla kullanılan elmas frezlerin gren boyutu arttığında uygulandığı yüzeyde daha fazla pürüzlülük oluşturmaktadır (Dérand 2000).

Tamir edilecek yüzeye kompozit reçinenin adezyonunun sağlanması için, undercutlar veya oluğa benzer retantif alanların oluşturulmasında ince ve kalın elmas frezlerden yararlanılabilir. Frezler yardımıyla oluşturulan retantif alan ve andırkatlar kullanılacak tamir materyali için düzensiz alanlar oluşturarak yetersiz mekanik retansiyon oluşabilir (Shahverdi 1998).

2.6.1.3. Kumlama

Kompozit reçine uygulanarak tamir edilecek olan restorasyonun mekanik olarak pürüzlendirme methodlarından biri olan kumlama yöntemi, yüzeyden oksitler ve kontamine tabakaların uzaklaştırılması ve mekanik bağlantı sağlayacak temiz ve pürüzlü yüzeyler elde edilmesi esasına dayanır (Nakamura ve ark. 2004).

Kumlama yönteminde tamir edilecek olan restorasyonun yüzey pürüzlülüğü, yüzey enerjisi ve ıslanabilirliği artarak reçine simanın bağlanma dayanımını yükselmektedir (Blatz ve Sadan 2002).

Restorasyon yüzeyine mekanik pürüzlendirme elde etmek için uygulanan kumlama yöntemi alüminyum oksit partikülleri ile kumlama ve sentetik elmas partikülleri ile kumlama olarak iki şekilde sınıflandırılabilir.

Alüminyum oksit partikülleri ile kumlama:

Reçine esaslı kompozit materyalinin veya seramik içerikli materyallerin tamir işleminde yüzey pürüzlülüğünü, ıslanabilirliği arttırmak ve mikroretantif yüzeyler elde etmek için Al_2O_3 tanecikleri ile kumlama ya da air abrazyon olarak da bilinen yüzey işlemi uygulanır. Seramik veya kompozit yüzeyine alüminyum oksit uygulandığında daha güçlü kompozit reçine bağlantısı sağlayan yüzeyler elde edilir. Al_2O_3 içeren taneciklerin yüzeye hızla çarpmasıyla belirli elementlerin yüzeyden uzaklaşması veya birikimi sonucunda düzensiz pürüzlü bir yüzey oluşur ve bağlanma için yüzey alanı

artar. Kumlama, hem laboratuarda hem de hasta başında uygulanabilen bir yöntemdir ve tek başına veya diğer yüzey işlemleri ile birlikte kullanılmaktadır (Amaral ve ark. 2006). Kullanılan alüminyum oksit taneciklerinin partikül büyüklüğü 50-250 μ arasında değişmekle beraber yapılan çalışmalarda seramik yüzeylerinin pürüzlendirilmesinde 50 ya da 110 μ 'luk Al_2O_3 partikülleri kullanılmıştır (Ozcan ve Valittu 2003; Nakamura ve ark. 2004; Piwowarczyk ve ark. 2005).

2.6.1.4. Lazer ile Pürüzlendirme

Lazerler koherent ve çok yüksek enerjili ışık üreten cihazlardır ve temel etkisini, ışık enerjisini ısı enerjisine çevirmesi yönünde gerçekleştirir. Lazer ve madde arasındaki en önemli etkileşim lazer enerjisinin emilmesidir. Lazer enerjisi kullanılarak seramik yüzeylerin pürüzlendirilmesi yöntemi oldukça yeni olup son yıllarda Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerler kullanılarak mine ve dentin yüzeyinde pürüzlendirme işlemlerinin, çeşitli asitlerle yapılan pürüzlendirme işlemleriyle karşılaştırılmasıyla ilgili çalışmalar literatürde yer almaktadır (Üşümez ve ark. 2003).

2.6.2. Kimyasal Yüzey İşlemleri

2.6.2.1. Silan uygulaması

Silanlar, silisyum (Si) atom veya atomlarını içeren çift fonksiyonlu inorganik ve organik bileşiklerdir. Silanın organik fonksiyonel kısmı reçine simanın organik matriksiyle reaksiyona girerek kopolimer oluştururken, alkali grupları inorganik maddelerle genellikle kovalent bağlar oluşturacak biçimde reaksiyona girer. Silan bağlı ajanlar tamir edilecek restorasyonun yüzeyine uygulandığında yüzey gerilimini azaltıp, ıslanabilirliği ve yüzey enerjisini arttırarak reçine ile etkin bir adezyon sağlarlar. Silanlar işlevlerine, içeriklerine ve uygulandıkları yüzeylere göre “primer” ya da “coupling agent” adını alırlar (Matinlinna ve Valittu 2007).

Silanlar uygulandıkları restoratif materyalin SiO_2 içerip içermemesine bağlı olarak etki gösterirler. Silika esaslı seramiklerde yüzeye silan uygulanması reçine esaslı materyalin kimyasal olarak seramik yüzeyine bağlanmasını arttırırken, SiO_2 içeriği azalmış ya da hiç olmayan alüminöz seramik, zirkonyum esaslı seramiklerde ise silanın etkinliği çok az ya da hiç yoktur (Yoshida ve ark. 2006).

Silanların kimyasal formülleri $(X(CH_2)_3Si(OR)_3)$ olup yapısında camsı faz bulunduran seramiklerin yüzey işlemlerinde kullanıldıklarında, seramik yüzeydeki silikayla reaksiyon oluşturarak siloksan ağı(-Si-O-Si-) meydana getirir. Diş

hekimliğinde kimyasal bağlantı için en çok kullanılan silan bağlantı ajanı 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane (MPS)'dir. MPS'den fiziksel ve kimyasal bağlayıcı yapısı sebebiyle restorasyonların tamiri için seramik-kompozit, kompozit-kompozit ve metal-kompozit yüzeyleri arasında güçlü bir bağlantı sağlamak amacıyla kullanılır (Matinlinna ve ark. 2004).

Pürüzlendirilmiş seramik yüzeyine uygulanan silan bağlanma ajanlarının, iki mekanizmayla bağlantı dayanıklılığını artırdığı düşünülmektedir.

1. Silan bağlanma ajanları seramik yüzeyi ve kompozit reçine arasında kimyasal bağlantı sağlamaktadır.
2. Seramik yüzeyini ıslatarak, reçinenin pürüzlendirilmiş seramik yüzeyindeki mikrotutucu bölgelere akışını ve adaptasyonunu kolaylaştırmaktadır. Bu da seramik ile reçine arasındaki mikroskopik boyuttaki boşluğu azaltarak bağlantı dayanıklılığını artırmaktadır (Gerçek ve ark. 2012).

Silan bağlayıcı ajanları, 1952 yılında organik ve inorganik maddelerin bağlanması için geliştirilmiştir. 1962'de bu teknoloji, diş hekimliğindeki kompozit reçine materyalini oluşturmak için, inorganik doldurucu partikülleri BIS-GMA ile birleştirilmesinde kullanılmıştır. Silan uygulaması kompozit reçine ve seramik arasındaki bağlantıyı % 25'e varan oranda arttırabilmektedir (Sheth ve ark. 1998; Robertson ve ark. 2006).

Silanlar, tek veya çift komponentli solüsyonlar olarak bulunurlar. Alkol ya da aseton içindeki silandan oluşan tek komponentli sistemlerde, kimyasal yüzey işlemi olarak seramik yüzeyine uygulamada HF asitin silan öncesinde uygulanması gerekir. Silanların içerisine ilave edilen alkol ya da aseton gibi çözücüler, bu ürünlerin yarılanma ömürlerini sınırlarlar. Çift komponentli silan solüsyonlarında sulandırılmış asit solüsyonu içerisinde silan ilave edilmiştir. Bu durumda silan direk olarak seramik yüzeyi ile reaksiyona girebilir (Schwartz ve ark. 1996). Silanlar, ortamda nem varlığında hidrolize olurlar. Su ve silanın alkil grupları reaksiyona girerek asidik silanol gruplarını (Si-OH) oluşturup seramik yüzeyindeki silika yapısıyla da etkileşime girerek siloksan tabakasını oluştururlar (Matinlinna ve ark. 2004; Çilingir 2011).

2.6.3. Mekanik ve Kimyasal Yüzey İşlemleri

2.6.3.1. Tribokimyasal Silika kaplama

Mekanik enerji kullanılarak kimyasal bağlantı oluşturma işlemine tribokimya adı verilmektedir. Bu enerji püskürtme ve sürtünme kaynaklı olabilmektedir. Tribokimyasal silika kaplama işlemi, kimyasal olarak daha reaktif bir yüzey elde edebilmek için silika ile modifiye edilmiş alüminyum trioksit (Al_2O_3) partiküllerinin basınç altında püskürtme ile yüzeye gömülmesidir (Ozcan 2003; Bottino ve ark. 2008).

İşlem sırasında kullanılan Al_2O_3 partikülleri, tamir edilecek restorasyon yüzeyinde 15 μm derinliğe ulaşma özelliğine sahiptir. Tribokimyasal silika kaplama işleminde, silan bağlı ajanların silika kaplı yüzeye uygulanmasıyla kimyasal bağlantı sağlanırken kumlama sonucu oluşan yüzey pürüzlülüğü ile de mekanik bağlantı elde edilir. Bu yöntem kompozit reçinelerin restorasyona adezyonunu arttırmak için etkili bir yöntem olarak önerilmektedir (Xible ve ark. 2006; Atsu ve ark. 2006).

Hem laboratuvarında hem de klinikte kullanılabilen tribokimyasal silika kaplama yöntemleri bulunmaktadır. Bu amaçla en yaygın kullanılan iki sistem CoJet ve Rocatec (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) sistemleridir. Cojet ve Rocatec sistemlerinin çalışma prensibi aynı olup; her iki teknolojinin de silan bağlama aham ile birlikte uygulanması gerekir (Frankenberger ve ark. 2000; Guggenberger 1989).

CoJet Sistemi, dental restorasyonların ağız içi tamir işlemlerinde mekanik olarak pürüzlendirme yapmak amacıyla klinikte uygulanabilen bir tribokimyasal kaplama yöntemi olup, silika partikülleriyle modifiye edilmiş 30 μm boyutunda alüminyum oksit (Al_2O_3) taneciklerinden oluşan kaplayıcı-aşındırıcı bir kum olan CoJet kumu ve silandan oluşur. Materyalin içeriğinde; %97'den fazla Al_2O_3 , %3'den az amorf silika bulunmaktadır. Silika ile modifiye edilmiş 30 μm çaplı Al_2O_3 partiküllerinin seramik yüzeyine dik bir açıyla 2–3 barlık basınç altında 15 sn boyunca püskürtülmesiyle bölgenin silika ile kaplanması sağlanır. İyi bir sonuç elde etmek için ağız içi kumlama aletini restorasyona yaklaşık 10 mm uzaktan tutmak gerekmektedir. CoJet kumunun tamir edilecek restorasyonun yüzeyine çok yüksek enerjiyle çarptırılması sonucu; yüzey alanı arttırılıp mikro mekanik tutuculuk elde edilir. Silikatizasyon işleminden sonraki aşama; kimyasal tutuculuk sağlamak amacıyla yüzeyin silanlanmasıdır (Uludamar ve ark. 2011; Özcan ve ark. 2008; Della Bona ve ark. 2000).

Rocatec sistemi ise laboratuvarında kullanılabilen bir tribokimyasal kaplama yöntemi olup iki aşamalı kumlama sistemi ile çalışmaktadır. İlk aşama Rocatec-Pre adı

verilen yüzeyin temizlenmesi ve aktive edilmesi amacıyla restorasyonun yüzeyi 110 µm'lik Al₂O₃ kumu ile 2.5 bar basınç altında kumlanması aşamasıdır. Rocatec-Plus adı verilen ikinci aşamada yüzeye silika partiküllerinin gömülmesini amacıyla 110 µm'lik SiO₂ kumu 2.5 bar basınç altında püskürtülür. Kumlamada kumlanacak yüzeyin dik açı oluşturan şekilde ve cihazdan 1 cm uzaklıkta; Rocatec-Pre için 10 saniye Rocatec-Plus için 12 saniye tutulmasına dikkat edilmelidir (Fischer ve ark. 2008).

2.7. Metodoloji

2.7.1. Bağlanma Dayanım Testleri

Restoratif diş hekimliğinde in vivo araştırmalar süreci uzun zaman içeren, maliyet olarak yüksek ve standardize edilmesi zor metodlar içerirler. Bu yüzden araştırmacılar tarafından in vitro testler daha hızlı sonuç vermesi, etkili olması ve sonuçlarının karşılaştırılabilir olması nedeniyle bağlanma dayanımının belirlenmesinde in vivo testlere oranla daha fazla tercih etmişlerdir (Tanumiharja ve ark. 2000).

Adeziv diş hekimliğinde adezivlerin diş dokusuna ya da materyale bağlantısını değerlendirmede bağlantı kuvvet testleri sıklıkla kullanılmaktadır (De Munck 2005). Bağlanma testlerinin asıl amacı, materyallerin bağlanma dayanımlarının karşılaştırmalı olarak incelenebilmesidir ve bu amaçla en çok makaslama (shear) ve mikro-çekme (micro-tensile) bağlantı kuvvetleri test yöntemleri olarak kullanılmaktadır (Tagami ve ark. 2010; Al-Salehi 1997).

Günümüzde en sık kullanılan laboratuvar testleri mikroyerilim bağlanma dayanım testleridir. Yapılan testler sonucunda ulaşılan veriler deneysel etkenlere bağlı olup önemli klinik sonuçlar elde edilmektedir (Phrukkanon ve ark. 1998; De Munck ve ark. 2005).

2.7.1.1. Mikroyerilim Bağlanma Dayanım Testi

Sano ve arkadaşları tarafından ilk defa 1994 yılında diş hekimliğinde kullanmaya başlayan mikroyerilim bağlanma dayanım testinde araştırmacılar demineralize ve mineralize dentinin elastisite modülünü ve bağlanma dayanımını ölçmüşlerdir (Sano ve ark. 1994).

Diş hekimliğindeki materyallerin bağlanma dayanımlarının incelendiği bu test, laboratuvarda küçük çaplarda hazırlanan örnekler içerisindeki normal dentin, çürük dentin, sklerotik servikal dentin gibi diş yapısına uygulanan materyal arasındaki

bağlanma dayanımlarının incelenmesini amaçlamıştır (Armstrong ve ark. 2010; Phrukkanon ve ark. 1999).

Mikrogerilim bağlanma dayanım testinde, kullanılan numunelerin çaplarına bağlı olarak farklı ve çok sayıda örnek elde edilebilir. Örnekler hassas kesme cihazında su soğutmasında elmas diskler kullanılıp kesilerek hazırlanır. Kullanılan numunelerin çapı ortalama 1 mm² dir. Test için elde edilecek numunelerin sayısı test edilecek materyalin büyüklüğüne göre değişiklik gösterirken hazırlanan örneklerin uzunluğu ortalama 10-24 mm arasında olmalıdır. Uzunluğu 4 mm den küçük olan örnekler çekme testi için uygun değildir (Salza ve Bock 2010).

Mikrogerilim bağlanma dayanım testinde kesitler çubuk, dumbıl, kum saati şeklinde hazırlanabilirler. Çubuk şeklindeki örnekler aşındırılmadan hazırlanırken, kum saati ya da dumbıl şeklindeki örnekler ise aşındırılarak hazırlanır. Aşındırma işleminde uygulayıcının bağlanma değerlerini etkilememesi için oldukça dikkatli davranması gerekmektedir (Salz ve Bock 2010; Ghassemieh 2008).

Çubuk ve dumbıl şeklinde hazırlanan örneklerin stres dağılımı ve konsantrasyonu birbirine çok benzerken kum saati şeklinde hazırlanan örneklerin stres konsantrasyonu hazırlanışı sırasında adeziv alana gelen streslerin daha geniş yüzeylere dağılması ve ara yüzde mikro çatlaklar oluşabilmesinden dolayı çubuk ve dambıl şeklindeki örneklerden farklıdır. Kum saati şeklinde hazırlanan örneklerde, çekme testi sırasında çubuk ve dambıl şeklinde hazırlanan örneklerle göre daha düşük kuvvetlerde kopmalar meydana gelir (Ghassemieh 2008).

Mikrogerilim bağlanma dayanım testi; stres dağılımının ara yüzeylerde iyi bir şekilde sağlanabilmesi, örnek diştten çok sayıda numune elde edilebilmesi, koheziv kopmanın daha az oluşu, numunelerin SEM(Scanning Electron Microscopy) de incelenebilmesi, dentin kalınlığının bağlanmaya etkisinin değerlendirilebilmesi, daha uniform kuvvet uygulaması, makaslama etkisini en aza indirgenmesi, bağlanma dayanım değerlerinin yüksek olarak ölçülmesine olanak sağlaması, reçine kompozitlerin bağlanma dayanımının incelenmesi, numunelerdeki bölgesel bağlanma dayanımının ölçülebilmesi, tek bir dişte ya da çürükten etkilenmiş dentin gibi spesifik bölgelerde ölçüm yapılabilmesi, farklı kavite tipleri restorasyonun kavite duvarları gibi bölgelerde ve yaşlandırma teknikleri gibi ilave araştırma yöntemlerinin incelenebilmesine olanak sağlaması ve güvenilir bir adezyon test tekniği olması gibi bir çok avantaja sahiptir (Armstrong ve ark. 2010; Ceballos ve ark.2003; Ciucchi 1997; Gamborgi ve ark. 2007).

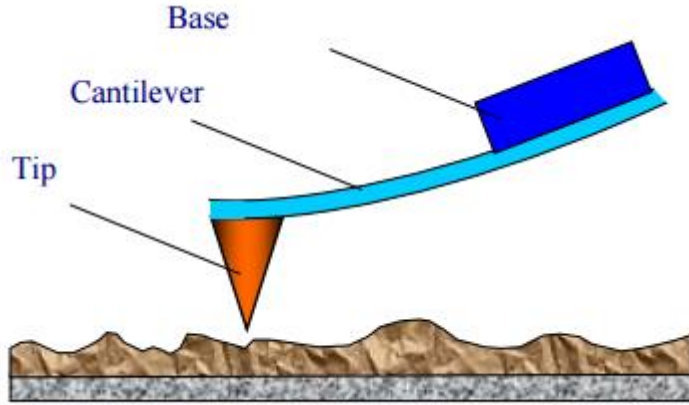
Bunun yanı sıra oldukça yoğun laboratuvar çalışması gerektirmesi, 5 MPa'dan küçük ve çok düşük bağlama değerleri ölçmede zorluk göstermesi, numunelerin zarar görebilmesi, kolaylıkla dehidrate olması, cihaza uygun numune hazırlamak için özel ekipman gerektirmesi, örnek hazırlanması sırasında dişte içsel defektler oluşabilmesi ve bağlayıcı ara yüzeyinde, hatalı uygulama prosedürlerinden kaynaklanan streslerden ötürü bağlanma değerlerinin değişebilmesi gibi dezavantajlara da sahiptir (Pashley ve ark. 1999a; Sadek ve ark. 2005; Pashey ve ark.1995).

2.7.2. Atomik Kuvvet Mikroskobu

AFM (Atomic Force Microscopy) yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için kullanılan ve çözünürlüğü optik tekniklerden en az 1000 kat fazla olan yüksek atomik çözünürlükte taramalı tünelleme mikroskobunun bir türüdür. AFM ilk olarak 1982 yılında IBM Research-Zürich' te Binning ve Rohrer tarafından geliştirilmiş olup araştırmacılara 1986 yılında Nobel Ödülünü kazandırmıştır. AFM'nin nanosensör olarak adlandırılan ilk nanoprobe 1991 yılında, ticari AFM'ler ise 1998 yılında Standfort'lu araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Ölçme, malzeme işleme gibi konularda ölçüm yapabilen AFM materyallerin nano boyuta görüntülemesinde de oldukça başarılıdır (Clemente ve Gloystein 2008; Vahabi ve ark. 2013).

AFM'nin çalışma mekanizması, AFM probe ve numune yüzeyi arasında etkileşen kuvvetlerin saptanması esasına dayanır. Nanometre ölçeğinde eğrilik yarıçapı olan uç veya sensör olarak da adlandırılan prob oldukça esnektir ve bir konsolla yüzeye oldukça yakın tutulur. Konsol genellikle silikon ya da silikon nitritten yapılır. Prob ve yüzey arasındaki kuvvet, konsolun pozitif veya negatif olarak eğilmesini sağlar. Eğilme, konsolun arka bölgesindeki lazer ışını tarafından algılanarak fotodiyot olarak toplanır. Prob sabit bir yükseklikte yüzey taraması yaparsa, analiz edilecek materyale çarpıp hasar oluşturma riski doğar. Bu yüzden AFM'lerde prob ile yüzey arasındaki kuvveti sabitlemek ve aradaki mesafeyi düzenlemek amacıyla bir negatif geri besleme mekanizması kullanılır. AFM'de ölçülen kuvvetler mekanik temas kuvveti, Van der Waals kuvveti, kılcallık kuvveti, kimyasal bağ, elektrostatik kuvvet, manyetik kuvvet, çözünme kuvveti, vb... olabilir (Clemente ve Gloystein 2008; Binning ve ark. 1986).

AFM'de analiz edilecek numunenin taranması x, y, z düzlemlerinde bir dizi piezoelektrik düzenek aracılığıyla sağlanmaktadır (Mironov, 2004).



Şekil 2-2: AFM probunun sematik görünümü (Mironov, 2004)

AFM görüntüsü alınacak numunenin diğer görüntüleme yöntemlerine göre daha detaylı, daha büyük bir çözünmede, üç boyutlu incelenmesine olanak sağlamasının yanında yüzey pürüzlülük değerlerini de rakamsal olarak verebilmesi gibi özelliklere sahiptir. Numunelerin SEM incelemesinde yüzeyin karbon ya da altın ile kaplanması gerekirken AFM ile görüntülemelerde böyle bir işleme gerek duyulmamaktadır. Fakat AFM ile görüntüleme alınacak alan diğer yöntemlere göre küçük bir alan olduğu için tekrarlanan ölçümlerde aynı alanı bulmak oldukça zordur (Tholt ve ark. 2006; Sılıkas ve ark. 1999).

AFM cihazı kontakt, non kontak ve tapping mod olmak üzere üç modda çalışır. Biyolojik numuneler için tarama hızının yüksek oluşu, atomik çözünürlükle yüzey düzensizliklerinin kolay taranması nedeniyle genellikle kontakt mod tercih edilmektedir (Clemente ve Gloystein 2008).

Genel bilgilerde anlatılan restoratif materyallerin klinik kullanımı ve endikasyonları doğrultusunda planlanan tezimizin amacı CAD/CAM nanoseramik reçine blok materyali olan Lava Ultimate'ın tribokimyasal silika uygulaması, elmas frezle pürüzlendirme, fosforik asit uygulaması ve bunların kombinasyonu şeklinde yüzey hazırlık işlemleri uygulaması sonrasında dentin bağlayıcı ajan olan Adper Single Bond 2 ve universal bağlayıcı ajanlar olan Scotchbond Universal ve Futurabond U uygulaması sonrasında kompozit reçine ile tamiri sonucunda mikrogerilim bağlanma dayanımının değerlendirilmesidir.

Tezimizin hipotezi; universal bağlayıcı ajanların bağlanma etkinliğinin etch&rinse bağlayıcı ajanlardan daha yüksek olacağı; silan uygulamasının bağlanma değerinde artışa neden olacağı dentin bağlayıcı farklılığının yanı sıra farklı yüzey hazırlık tekniklerinin tamir potansiyelini etkileyeceği ve ilave silan kullanımının mikrobağlanma değerlerini arttıracığı yönündedir.



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada CAD/CAM (Computer aided design / Computer aided manufacturing) nanoseramik reçine materyali olan Lava Ultimate (3M ESPE, Seefeld, Germany) bloklarda tribokimyasal silika uygulaması, fosforik asitle pürüzlendirme, elmas frezle pürüzlendirme ve elmas frezle pürüzlendirme uygulamasını takiben fosforik asit uygulaması gibi farklı yüzey hazırlıklarını takiben iki universal bağlayıcı ajan ve bir etch&rise dentin bağlayıcı ajan sistemin uygulanarak kompozit reçine ile tamiri sonrasında mikrogerilim bağlanma etkinliğini değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmamız in vitro koşullarda yapılmış olup deneyler İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi A.B.D. Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan materyallerin kimyasal içerikleri, üretici firmaları, üretim numaraları ve uygulama prosedürleri Tablo 3-1’de gösterilmektedir.

Restorasyon ve tamir materyali	Kimyasal içerik	Uygulama Prosedürü	LOT Numarası	Üretici Firma
Lava Ultimate	UDMA, toplam ağırlığın % 80’ini kapsayan 4-11 nm çapında zirkon ve yaklaşık 20 nm çapındaki silika doldurucular ve nanomerler, silanize ajanlar içerir.	İndirek restorasyon materyali olarak	3314A3	3M ESPE, Seefeld, Germany
Z250 Kompozit	Organik matriks: BisGMA,UDMA, Bis-EMA,İnorganik doldurucu:Zirconia/silica doldurucu (0,01-3,5 µm, %82wt - %60vol	Direk restorasyon materyali olarak 2,5mm kalınlığındaki tabakalar halinde yüzeye yerleştirilir ve Işık uygulaması yapılır.	N556920	3M ESPE St. Paul, MN, USA

Tablo 3-1: Çalışmada kullanılan restorasyon ve tamir materyallerin kimyasal içerikleri, üretici firmalar ve uygulama prosedürleri



Şekil 3-1: Çalışmada kullanılan nanoseramik reçine blok, Lava Ultimate, 3M ESPE



Şekil 3-2: Çalışmada kullanılan tamir kompozit reçine, Filtek™ Z250, 3M ESPE

Dentin Bağlayıcı	Özellikleri	Kimyasal içerik	LOT Numarası	Üretici Firma
Adper Single Bond 2	Etch&rinse dentin bağlayıcı ajan	Etil Alkol, Bis-GMA, Silika Nanopartiküller, HEMA, Gliserol, 1,3Dimetakrilat, Akrilik AsitKopolimer, itakonik asit, Diüretan Dimetakrilat, Su	N796703	3M ESPE, St Paul, MN, USA
Scotchbond Universal	Universal bağlayıcı ajan	10-MDP fosfat monomer, dimetakrilat rezinler, HEMA, Metakrilatmodifiye polialkenoik asit kopolimeri, Doldurucu, Etanol,Su, İnitatörler, Silan	562605	3M ESPE, Seefeld, Germany
Futurabond U	Universal bağlayıcı ajan	Modifiye 10-MDPDimetakrilat reçine,HEMA, Ethanol, Su, Karboksilik asit esterleri, initiatörler	1411449	VOCO, Cuxhafen, Germany

Tablo 3-2: Çalışmada kullanılan dentin bağlayıcı ajanlar ve özellikleri



Şekil 3-3: Çalışmada kullanılan bağlayıcı ajan, Adper™ Single Bond 2, 3M ESPE



Şekil 3-4: Çalışmada kullanılan bağlayıcı ajan, Scotchbond™ Universal, 3M ESPE



Şekil 3-5: Çalışmada kullanılan bağlayıcı ajan, Futurabond U, VOCO

Yüzey hazırlığı materyalleri	İçeriği	Uygulama prosedürü	LOT No	Üretici firma
Cojet kumu	30 mikrometre silikatize kum	Sirküler hareketler ile 10 saniye boyunca 10 mm mesafeden 2,5 bar basınçla uygulanıp örnekler 30 saniye süreyle su spreyi ile yıkanıp yağsız hava kurutulacaktır.	596797	3M ESPE, St. Paul, MN, USA
Scotchbond Etchant	Scotchbond Etchant, %37'lik fosforik asit jel	Örnekler 20 saniye asitlendikten sonra 20 saniye su altında asit uzaklaştırılacaktır.	N427728	3M ESPE, St. Paul, MN, USA
Yeşil bantlı silindirik elmas frez	Yeşil bantlı silindirik elmas frez Gren boyut:150 µ	Aeratörle su altında 10 saniye boyunca yeşil bantlı silindirik elmas frezle pürüzlendirilip 30 saniye su spreyi ile yıkanacaktır.	1595/175	Komet Dental, Lemgo, Germany
Silan	3-methacryloxypropyltrimethoxysilane	Aplikatör yardımıyla uygulanıp 5 dakika bekleme süresi vardır.	47096	ESPE-Sil;3M ESPE

Tablo 3-3: Çalışmada kullanılan yüzey hazırlığı materyalleri ve özellikleri



Şekil 3-6: Çalışmada yüzey hazırlığı aşamasında kullanılan CoJet™ Sand, 3M ESPE



Şekil 3-7: Çalışmada yüzey hazırlığı aşamasında kullanılan Scotchbond Etchant, 3M ESPE



Şekil 3-8: Çalışmada yüzey hazırlığı aşamasında kullanılan yeşil bantlı silindirik elmas frez (Gren boyutu: 150 µ)



Şekil 3-9: Çalışmada yüzey hazırlığı aşamasında kullanılan silan coupling ajan, ESPE™ Sil, 3M ESPE

Cihaz	Kullanım yeri	Üretici
Isomet 1000 (Buehler Precision Saw)	Bloklardan kesit ve çubuk elde edilmesinde	Isomet-Buehler, Düsseldorf, Germany
Elmas Bıçak	Bloklardan kesit ve çubuk elde etmek için Isomet cihazında	Isomet-Buehler, Düsseldorf, Germany
Buehler MetaServ 250 Grinder-Polisher	Elde edilen örneklerin cilalanmasında	Buehler, Düsseldorf, Germany
600 gritlik silikon karbid kağıt	Elde edilen örneklerin Buehler MetaServ 250 Grinder-Polisher cihazında cilalanmasında	Buehler, Düsseldorf, Germany
Optilux 501	Blokların kompozit materyali ile tamir edilmesinde ışık cihazı olarak	Halogen Curing Light, Kerr, USA
Dentester, Salubris Technica termal siklus cihazı	Tamir edilen blokların termal siklus işlemi için	Dentester, Salubris Technica, İstanbul, Türkiye
Bisco Microtensile Testing Device	Çubuklara çekme kuvveti uygulanmasında	Bisco Inc., Schaumburg, USA
Siyanoakrilat yapıştırıcı	Mikrogerilim cihazına örneklerin sabitlenmesinde	by BEST (BY-1500, Cyanoacrylate Adhesive, Ergin Endüstri, İstanbul, Türkiye)
Olympus SZ61 Stereomikroskop	Mikrogerilim cihazında kopan örneklerin kopma tipinin incelenmesinde	Olympus SZ61, Munster, Germany
Shimadzu SPM-9500J3 Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)	Elde edilen Örneklerin yüzey pürüzlülüğünün incelenmesinde	Shimadzu SPM-9500J3, Japan

Tablo 3-4: Çalışmanın Deney Aşamasında Kullanılan Cihazlar, Aletler ve Sarf Malzemeler



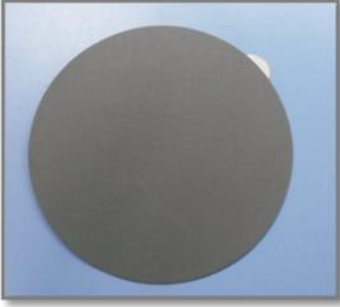
Şekil 3-10: Çalışmada kullanılan Buehler Isomet 1000 cihazı



Şekil 3-11: Çalışmada kullanılan Buehler elmas bıçak disk



Şekil 3-12: Çalışmada kullanılan Buehler MetaServ 250 cilalama cihazı



Şekil 3-13: Çalışmada kullanılan 600 gritlik silikon karbid kağıt



Şekil 3-14: Çalışmada kullanılan Optilux 501



Şekil 3-14: Çalışmada kullanılan termal siklus cihazı



Şekil 3-16: Çalışmada kullanılan mikrogerilim test cihazı



Şekil 3-17: Çalışmada kullanılan siyanoakrilat yapıştırıcı



Şekil 3-18: Çalışmada kullanılan Olympus SZ61 Stereomikroskop



Şekil 3-19: Çalışmada kullanılan AFM cihazı

3.1. Nanoseramik hibrit reçine örneklerinin oluşturulması

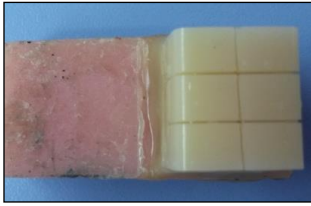
Çalışmada kullanılacak olan nanoseramik yapılı bloklar önce akrilik bloğa sirkolan mum yardımıyla sabitlenmiştir. Nanoseramik yapılı bloklardan her biri su soğutması altında ve düşük hızda Isomet 1000 (Isomet-Buehler, Düsseldorf, Germany) cihazında önce 5 mm boyutlarında eşit 3 parçaya ayrılmış, takiben her üç parçada hassas kesme diskisi ile (Isomet-Buehler, Düsseldorf, Germany) ortadan ikiye ayrılarak kesilmiştir. Elde edilen 6 adet prizma her biri kendi içerisinde iki eşit parçaya bölünerek toplamda 12 adet prizma elde edilmiştir.



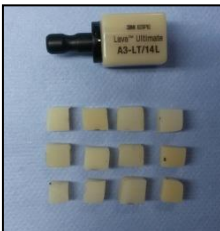
Şekil 3-20: Nanoseramik bloğun akrilik bloğa sabitlenmesi ve kesilmesi



Şekil 3-21: Nanoseramik reçine blok materyalinin yatay olarak kesilmesi



Şekil 3-22: Nanoseramik reçine blok materyalinin ortadan kesilmesi



Şekil 3-23: Nanoseramik reçine blok materyalinden elde edilen prizmalar

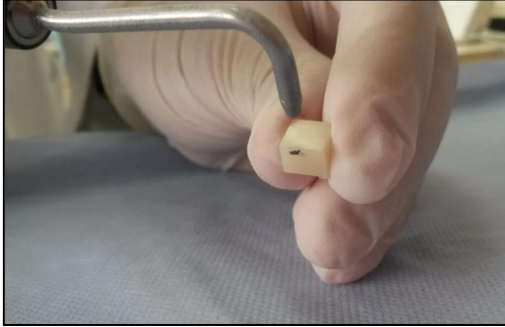
Toplamda 8 adet bloktan 96 tane prizma elde edilmiştir. Elde edilen prizmaların bir yüzeyi tamir yüzeyi olarak belirlenmiş ve 600 gritlik silikon karbit zımpara ile su

altında metalografik parlatma cihazı (Buehler, Düsseldorf, Germany) ile 30 saniye zımparalanmıştır. Daha sonra CAD/CAM nanoseramik blokların belirlenen tamir yüzeylerine farklı yüzey hazırlık protokolleri uygulanmıştır.

Çalışmamızda kullanılacak nanoseramik reçine esaslı bloklardan elde edilen 96 adet Lava Ultimate prizma örnek, farklı yüzey hazırlıkları uygulanmak üzere rasgele 4 ana gruba ayrılmıştır. Her ana grup için toplamda rasgele 24 adet Lava Ultimate prizma örnek elde edilmiştir. Daha sonra her ana grup kendi içerisinde farklı yüzey hazırlığı sonrası farklı tipte bağlayıcı ajan uygulanmasına göre de 6 alt gruba ayrılmıştır ve her alt grup için de 4 örnek prizma rasgele atanmıştır.

3.1.1. Tribokimyasal silika kaplama(SC) örneklerinin oluşturulması:

Elde edilen 24 adet örneğin bir yüzeyi tamir yüzeyi olarak belirlenmiş ve tamir yüzeyleri 30 mikrometre silika kaplı alumina partiküller (Cojet Sand, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) kullanılarak air abrazyon cihazı (RondoFlex Plus, KaVo, Biberach, Germany) ile silika partikülleri ile kaplanmıştır. Silika kaplama işlemi sirküler hareketler ile 10 saniye boyunca 10 mm mesafeden 2,5 bar (250 kPa) basınçla uygulanmıştır. Daha sonra örnekler 30 saniye süreyle su spreyi ile yıkanıp yağsız hava ile kurutulmuştur. Tribokimyasal silika işlemine tabi tutulup elde edilen bu örnekler 6 alt gruba rasgele seçilmişlerdir.



Şekil 3-24: Lava Ultimate örneklere tribokimyasal silika işlemi uygulanması

3.1.1.1. Tribokimyasal silika kaplama-Adper Single Bond 2 Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin tribokimyasal silika işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Takiben Adper Single Bond 2 (3M ESPE, St Paul, MN, USA) uygulaması üretici firmanın önerileri doğrultusunda %37'lik fosforik asit 15 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmış ve 10 sn süre ile yıkanmıştır. Arkasından Adper Single Bond 2 etch&rinse bağlayıcı üretici firma önerileri doğrultusunda örnek

yüzeylerine uygulanmıştır. Üretici firma önerisine göre Single Bond bağlayıcı sistem asit uygulanmış örnek yüzeyine 2 kez 15 sn boyunca sürülmüş, arkasından 5 sn hava sıkılmış ve ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

3.1.1.2.Tribokimyasal silika kaplama-Scotchbond Universal Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin tribokimyasal silika işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Scotchbond Universal (3M ESPE, Seefeld, Germany) bağlayıcı sistem üretici firma önerileri doğrultusunda uygulanmıştır. Üretici firma önerisine göre Scotchbond Universal bağlayıcı sistem yüzeye sürülerek 20 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmıştır. Hava sıkma aşamasında bağlayıcının hareket etmediğini görene kadar, en az 5 sn hava sıkılmış ve arkasından ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

3.1.1.3.Tribokimyasal silika kaplama-Futurabond U Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin tribokimyasal silika işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Futurabond U (VOCO, Cuxhafen, Germany) bağlayıcı sistem üretici firma önerileri doğrultusunda uygulanmıştır. İki ayrı bileşenden oluşan Futurabond U kullanımından önce bileşenleri karıştırılıp hemen aktive olan tek kullanımlık paket haline gelmektedir. Üretici firma önerisine göre Futurabond U bağlayıcı sistem yüzeye sürülerek 20 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmıştır. Hava sıkma aşamasında bağlayıcının hareket etmediğini görene kadar, en az 5 sn hava sıkılmış ve arkasından ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

3.1.1.4.Tribokimyasal silika kaplama-silan-Adper Single Bond 2 Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin tribokimyasal silika işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Üretici firma önerisine göre ESPE-Sil (3M ESPE, St. Paul, ABD) örnek yüzeyine fırça yardımıyla uygulanarak ve 5 sn süreyle kurumaya bırakılmıştır. Takiben Adper Single Bond 2 (3M ESPE, St Paul, MN, USA) uygulaması üretici firmanın önerileri doğrultusunda %37'lik fosforik asit 15 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmış ve 10 sn süre ile yıkanmıştır.Arkasından Adper Single Bond 2

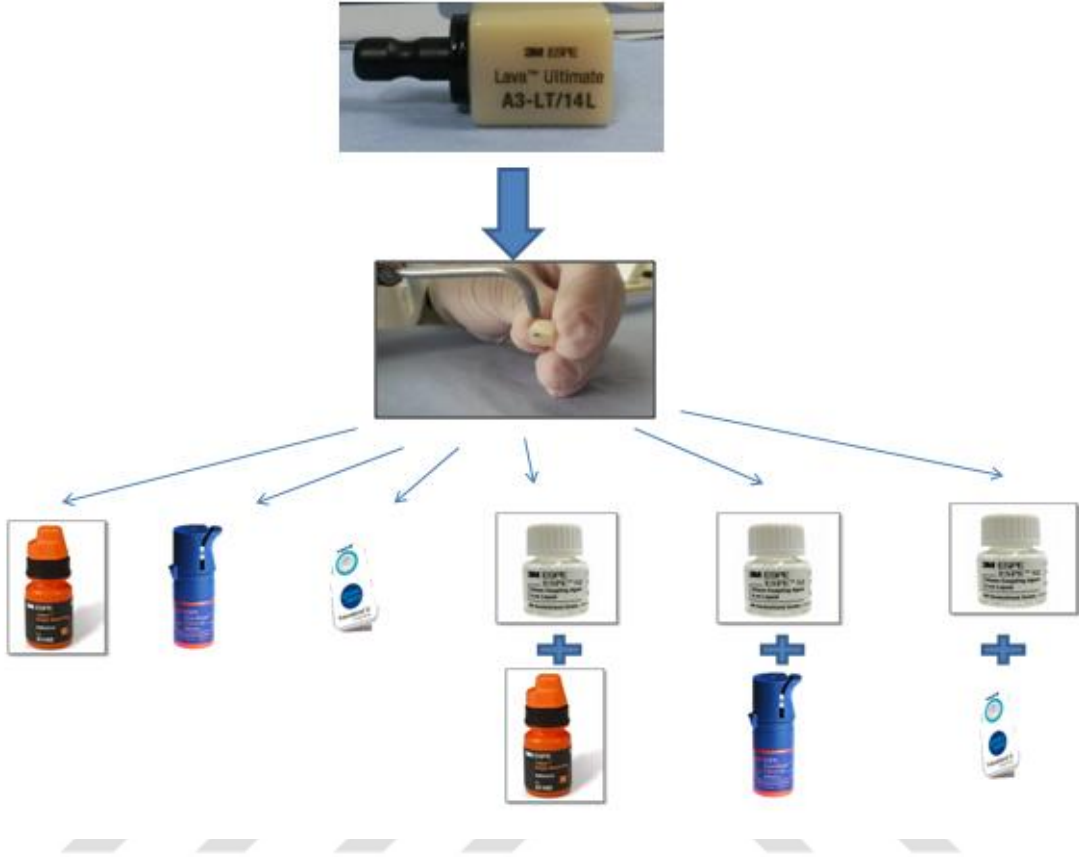
etch&rinse bağlayıcı üretici firma önerileri doğrultusunda örnek yüzeylerine uygulanmıştır. Üretici firma önerisine göre Adper Single Bond 2 bağlayıcı sistem asit uygulanmış örnek yüzeyine 2 kez 15 sn boyunca sürülmüş, arkasından 5 sn hava sıkılmış ve ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

3.1.1.5.Tribokimyasal silika kaplama-silan-Scotchbond Universal Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin tribokimyasal silika işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Üretici firma önerisine göre ESPE-Sil (3M ESPE, St. Paul, ABD) örnek yüzeyine fırça yardımıyla uygulanarak ve 5 sn süreyle kurumaya bırakılmıştır. Takiben Scotchbond Universal (3M ESPE, Seefeld, Germany) bağlayıcı sistem üretici firma önerileri doğrultusunda uygulanmıştır. Üretici firma önerisine göre Scotchbond Universal bağlayıcı sistem yüzeye sürülerek 20 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmıştır. Hava sıkma aşamasında bağlayıcının hareket etmediğini görene kadar, en az 5 sn hava sıkılmış ve arkasından ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

3.1.1.6.Tribokimyasal silika kaplama-silan-Futurabond U Grubu

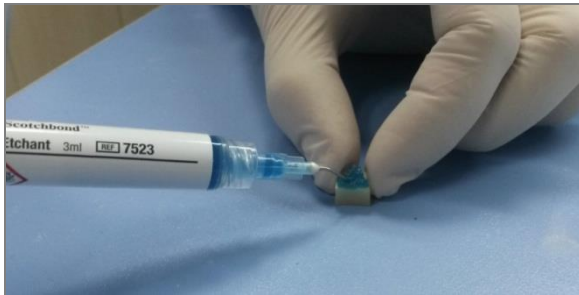
Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin tribokimyasal silika işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Üretici firma önerisine göre ESPE-Sil (3M ESPE, St. Paul, ABD) örnek yüzeyine fırça yardımıyla uygulanarak ve 5 sn süreyle kurumaya bırakılmıştır. Futurabond U (VOCO, Cuxhafen, Germany) bağlayıcı sistem üretici firma önerileri doğrultusunda uygulanmıştır. İki ayrı bileşenden oluşan Futurabond U kullanımından önce bileşenleri karıştırılıp hemen aktive olan tek kullanımlık paket haline gelmektedir. Üretici firma önerisine göre Futurabond U bağlayıcı sistem yüzeye sürülerek 20 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmıştır. Hava sıkma aşamasında bağlayıcının hareket etmediğini görene kadar, en az 5 sn hava sıkılmış ve arkasından ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.



Şekil 3.25: Tribokimyasal silika kaplama işlemi ve grupların bağlayıcı ajanlarla görünümü

3.1.2. Fosforik asit (H_3PO_4) ile yüzey pürüzlendirme örneklerinin oluşturulması

Elde edilen 24 adet örneğin bir yüzeyi tamir yüzeyi olarak belirlenmiş ve takiben tamir yüzeylerine Scotchbond Etchant (3M ESPE, St Paul, MN, USA) %37'lik fosforik asit jel ile 20 sn asitleme işlemi uygulandıktan sonra 20 sn su altında asit uzaklaştırılarak yüzey hazırlığı yapılmıştır.



Şekil 3.26: Lava Ultimate örneklere fosforik asitle yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanması

3.1.2.1.Fosforik asit-Adper Single Bond 2 Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin fosforik asit ile yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Takiben Adper Single Bond 2 (3M ESPE, St Paul, MN, USA) uygulaması üretici firmanın önerileri doğrultusunda etch&rinse olarak %37'lik fosforik asit 15 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmış ve 10 sn yıkanmıştır. Arkasından Adper Single Bond etch&rise bağlayıcı üretici firma önerileri doğrultusunda örnek yüzeylerine uygulanmıştır. Üretici firma önerisine göre Adper Single Bond 2 bağlayıcı sistem asit uygulanmış örnek yüzeyine 2 kez 15 sn boyunca sürülmüş, arkasından 5 sn hava sıkılmış ve ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

3.1.2.2.Fosforik asit- Scotchbond Universal Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin fosforik asit ile yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Scotchbond Universal (3M ESPE, Seefeld, Germany) bağlayıcı sistem üretici firma önerileri doğrultusunda uygulanmıştır. Üretici firma önerisine göre Scotchbond Universal bağlayıcı sistem yüzeye sürülerek 20 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmıştır. Hava sıkma aşamasında bağlayıcının hareket etmediğini görene kadar, en az 5 sn hava sıkılmış ve arkasından ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

3.1.2.3.Fosforik asit- Futurabond U Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin fosforik asit ile yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Futurabond U (VOCO, Cuxhafen, Germany) bağlayıcı sistem üretici firma önerileri doğrultusunda uygulanmıştır. İki ayrı bileşenden oluşan Futurabond U kullanımından önce bileşenleri karıştırılıp hemen aktive olan tek kullanımlık paket haline gelmektedir. Üretici firma önerisine göre Futurabond U bağlayıcı sistem yüzeye sürülerek 20 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmıştır. Hava sıkma aşamasında bağlayıcının hareket etmediğini görene kadar, en az 5 sn hava sıkılmış ve arkasından ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

3.1.2.4.Fosforik asit-Silan-Adper Single Bond 2 Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin fosforik asit ile yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Üretici firma önerisine göre ESPE-Sil (3M ESPE, St. Paul, ABD) örnek yüzeyine fırça yardımıyla uygulanarak ve 5 sn süreyle kurumaya bırakılmıştır. Takiben Adper Single Bond 2 (3M ESPE, St Paul, MN, USA) uygulaması üretici firmanın önerileri doğrultusunda etch&rinse olarak %37'lik fosforik asit 15 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmış ve 10 sn yıkanmıştır. Arkasından Adper Single Bond 2 etch&rinse bağlayıcı üretici firma önerileri doğrultusunda örnek yüzeylerine uygulanmıştır. Üretici firma önerisine göre Adper Single Bond 2 bağlayıcı sistem asit uygulanmış örnek yüzeyine 2 kez 15 sn boyunca sürülmüş, arkasından 5 sn hava sıkılmış ve ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

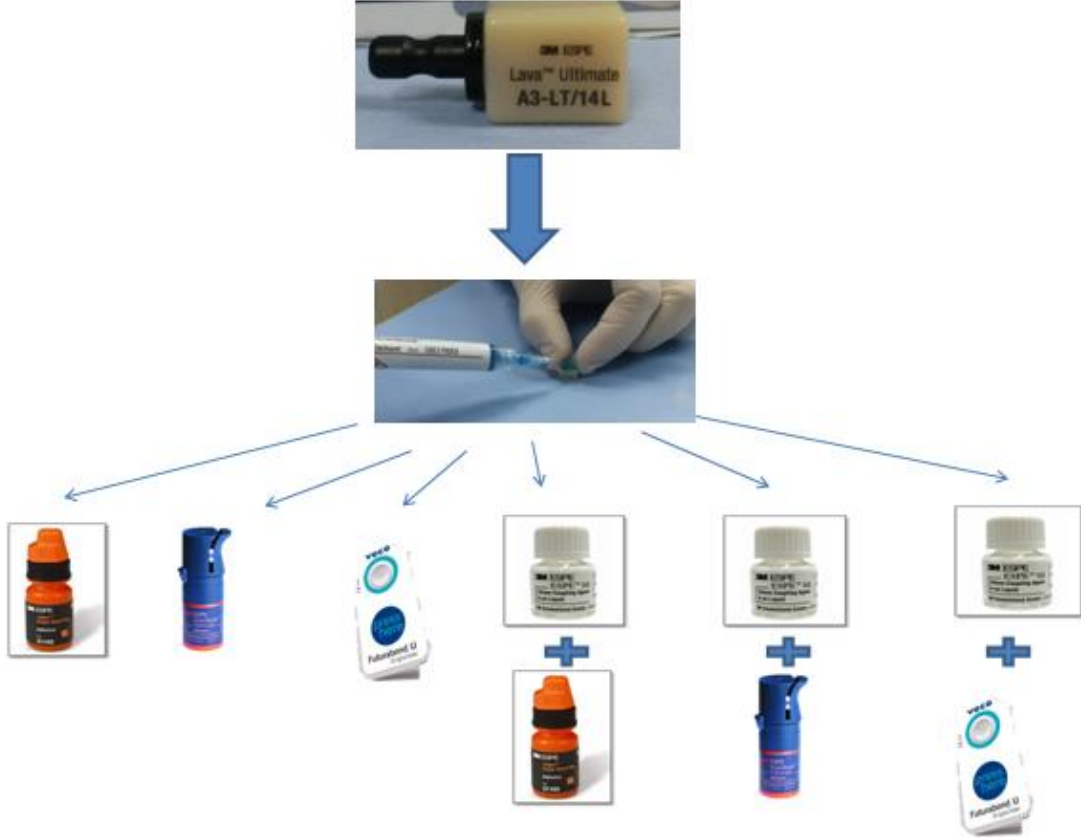
3.1.2.5.Fosforik asit-Silan- Scotchbond Universal Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin fosforik asit ile yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Üretici firma önerisine göre ESPE-Sil (3M ESPE, St. Paul, ABD) örnek yüzeyine fırça yardımıyla uygulanarak ve 5 sn süreyle kurumaya bırakılmıştır. Takiben Scotchbond Universal (3M ESPE, Seefeld, Germany) bağlayıcı sistem üretici firma önerileri doğrultusunda uygulanmıştır. Üretici firma önerisine göre Scotchbond Universal bağlayıcı sistem yüzeye sürülerek 20 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmıştır. Hava sıkma aşamasında bağlayıcının hareket etmediğini görene kadar, en az 5 sn hava sıkılmış ve arkasından ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

3.1.2.6.Fosforik asit- Silan-Futurabond U Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin fosforik asit ile yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Üretici firma önerisine göre ESPE-Sil (3M ESPE, St. Paul, ABD) örnek yüzeyine fırça yardımıyla uygulanarak ve 5 sn süreyle kurumaya bırakılmıştır. Futurabond U (VOCO, Cuxhafen, Germany) bağlayıcı sistem üretici firma önerileri doğrultusunda uygulanmıştır. İki ayrı bileşenden oluşan Futurabond U kullanımından önce bileşenleri karıştırılıp hemen aktive olan tek kullanımlık paket haline gelmektedir. Üretici firma önerisine göre Futurabond U

bağlayıcı sistem yüzeye sürülerek 20 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmıştır. Hava sıkma aşamasında bağlayıcının hareket etmediğini görene kadar, en az 5 sn hava sıkılmış ve arkasından ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.



Şekil 3.27: Fosforik asitle yüzey pürüzlendirme işlemi ve grupların bağlayıcı ajanlarla görünümü

3.1.3. Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme (EP) örneklerinin oluşturulması

Elde edilen 24 adet örneğin bir yüzeyi tamir yüzeyi olarak belirlenmiş takiben 150 mikron gren boyutuna sahip yeşil bantlı silindirik elmas frez kullanılarak aeratörle su soğutması altında 10 sn boyunca horizontal olarak pürüzlendirilip 30 sn su spreyi ile yıkanmış ve kurutulmuştur. Her prizma için her seferinde yeni bir elmas frez kullanılmıştır.



Şekil 3.28: Lava Ultimate örnekler elmas frezle yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanması

3.1.3.1.Elmas frez-Adper Single Bond 2 Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin elmas frez ile yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Takiben Adper Single Bond 2 (3M ESPE, St Paul, MN, USA) uygulaması üretici firmanın önerileri doğrultusunda etch&rinse olarak %37'lik fosforik asit 15 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmış ve 10 sn yıkanmıştır. Arkasından Adper Single Bond 2 etch&rinse bağlayıcı üretici firma önerileri doğrultusunda örnek yüzeylerine uygulanmıştır. Üretici firma önerisine göre Adper Single Bond 2 bağlayıcı sistem asit uygulanmış örnek yüzeyine 2 kez 15 sn boyunca sürülmüş, arkasından 5 sn hava sıkılmış ve ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

3.1.3.2.Elmas frez-Scotchbond Universal Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin elmas frez ile yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Scotchbond Universal (3M ESPE, Seefeld, Germany) bağlayıcı sistem üretici firma önerileri doğrultusunda uygulanmıştır. Üretici firma önerisine göre Scotchbond Universal bağlayıcı sistem yüzeye sürülerek 20 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmıştır. Hava sıkma aşamasında bağlayıcının hareket etmediğini görene kadar, en az 5 sn hava sıkılmış ve arkasından ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

3.1.3.3.Elmas frez-Futurabond U Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin elmas frez ile yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Futurabond U (VOCO, Cuxhafen, Germany) bağlayıcı sistem üretici firma önerileri doğrultusunda uygulanmıştır. İki ayrı bileşenden oluşan Futurabond U kullanımından önce bileşenleri karıştırılıp hemen aktive olan tek kullanımlık paket haline gelmektedir. Üretici firma önerisine göre Futurabond U bağlayıcı sistem yüzeye sürülerek 20 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmıştır. Hava sıkma aşamasında bağlayıcının hareket etmediğini görene kadar, en az 5 sn hava sıkılmış ve arkasından ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

3.1.3.4.Elmas frez-Silan-Adper Single Bond 2 Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin elmas frez ile yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Üretici firma önerisine göre ESPE-Sil (3M ESPE, St. Paul, ABD) örnek yüzeyine fırça yardımıyla uygulanarak ve 5 sn süreyle kurumaya bırakılmıştır. Takiben Adper Single Bond 2 (3M ESPE, St Paul, MN, USA) uygulaması üretici firmanın önerileri doğrultusunda etch&rinse olarak %37'lik fosforik asit 15 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmış ve 10 sn yıkanmıştır. Arkasından Adper Single Bond 2 etch&rinse bağlayıcı üretici firma önerileri doğrultusunda örnek yüzeylerine uygulanmıştır. Üretici firma önerisine göre Adper Single Bond 2 bağlayıcı sistem asit uygulanmış örnek yüzeyine 2 kez 15 sn boyunca sürülmüş, arkasından 5 sn hava sıkılmış ve ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

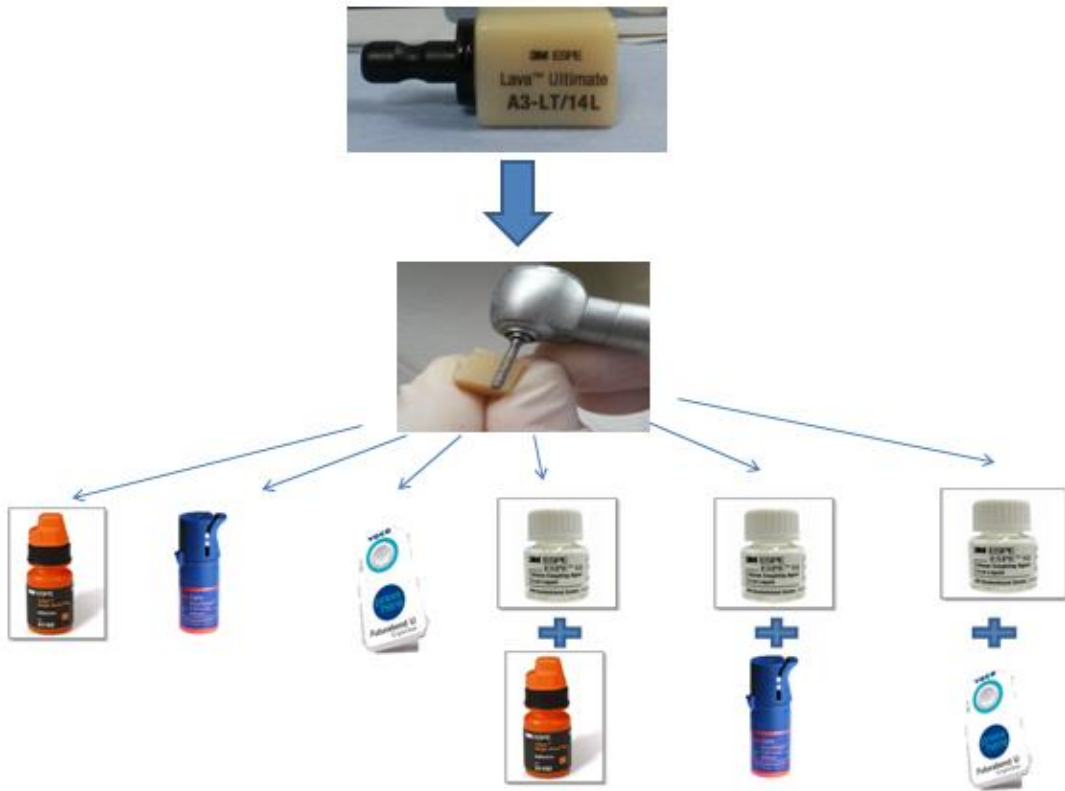
3.1.3.5.Elmas frez-Silan-Scotchbond Universal Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin elmas frez ile yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Üretici firma önerisine göre ESPE-Sil (3M ESPE, St. Paul, ABD) örnek yüzeyine fırça yardımıyla uygulanarak ve 5 sn süreyle kurumaya bırakılmıştır. Takiben Scotchbond Universal (3M ESPE, Seefeld, Germany) bağlayıcı sistem üretici firma önerileri doğrultusunda uygulanmıştır. Üretici firma önerisine göre Scotchbond Universal bağlayıcı sistem yüzeye sürülerek 20 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmıştır. Hava sıkma aşamasında bağlayıcının hareket etmediğini

görene kadar, en az 5 sn hava sıkılmış ve arkasından ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

3.1.3.6.Elmas frez-Silan-Futurabond U Grubu

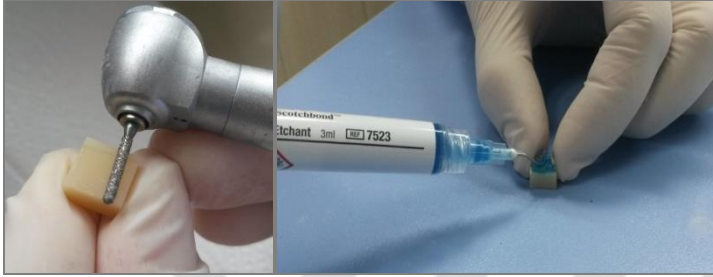
Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin elmas frez ile yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Üretici firma önerisine göre ESPE-Sil (3M ESPE, St. Paul, ABD) örnek yüzeyine fırça yardımıyla uygulanarak ve 5 sn süreyle kurumaya bırakılmıştır. Futurabond U (VOCO, Cuxhafen, Germany) bağlayıcı sistem üretici firma önerileri doğrultusunda uygulanmıştır. İki ayrı bileşenden oluşan Futurabond U kullanımından önce bileşenleri karıştırılıp hemen aktive olan tek kullanımlık paket haline gelmektedir. Üretici firma önerisine göre Futurabond U bağlayıcı sistem yüzeye sürülerek 20 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmıştır. Hava sıkma aşamasında bağlayıcının hareket etmediğini görene kadar, en az 5 sn hava sıkılmış ve arkasından ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.



Şekil 3.29: Elmas frezle yüzey pürüzlendirme işlemi ve grupların bağlayıcı ajanlarla görünümü

3.1.4. Elmas frez ve fosforik asit (EP+H₃PO₄) ile yüzey pürüzlendirme örneklerinin oluşturulması

Elde edilen 24 adet örneğin bir yüzeyi tamir yüzeyi olarak belirlenmiş takiben 150 mikron gren boyutuna sahip yeşil bantlı silindirik elmas frez kullanılarak aeratörle su soğutması altında 10 sn boyunca pürüzlendirilip 30 sn su spreyi ile yıkanmış ve kurutulmuştur. Takiben tamir yüzeylerine Scotchbond Etchant (3M ESPE, St Paul, MN, USA) %37'lik fosforik asit jel ile 20 sn asitleme işlemi uygulandıktan sonra 20 sn su altında asit uzaklaştırılarak yüzey hazırlığı yapılmıştır.



Şekil 3.30: Şekil 3.31: Lava Ultimate örneklerle elmas frezle yüzey pürüzlendirme işlemi ve takiben fosforik asit uygulanması

3.1.4.1. Elmas frezle pürüzlendirme-Fosforik asit-Adper Single Bond 2 Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin elmas frez ile yüzey pürüzlendirme ve fosforik asit işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Takiben Adper Single Bond 2 (3M ESPE, St Paul, MN, USA) uygulaması üretici firmanın önerileri doğrultusunda etch&rinse olarak %37'lik fosforik asit 15 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmış ve 10 sn yıkanmıştır. Arkasından Adper Single Bond 2 etch&rinse bağlayıcı üretici firma önerileri doğrultusunda örnek yüzeylerine uygulanmıştır. Üretici firma önerisine göre Adper Single Bond 2 bağlayıcı sistem asit uygulanmış örnek yüzeyine 2 kez 15 sn boyunca sürülmüş, arkasından 5 sn hava sıkılmış ve ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

3.1.4.2. Elmas frezle pürüzlendirme-Fosforik asit-Scotchbond Universal Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin elmas frez ile yüzey pürüzlendirme ve fosforik asit işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Scotchbond Universal (3M ESPE, Seefeld, Germany) bağlayıcı sistem üretici firma önerileri

doğrultusunda uygulanmıştır. Üretici firma önerisine göre Scotchbond Universal bağlayıcı sistem yüzeye sürülerek 20 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmıştır. Hava sıkma aşamasında bağlayıcının hareket etmediğini görene kadar, en az 5 sn hava sıkılmış ve arkasından ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

3.1.4.3.Elmas frezle pürüzlendirme-Fosforik asit-Futurabond U Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin elmas frez ile yüzey pürüzlendirme ve fosforik asit işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Futurabond U (VOCO, Cuxhafen, Germany) bağlayıcı sistem üretici firma önerileri doğrultusunda uygulanmıştır. İki ayrı bileşenden oluşan Futurabond U kullanımından önce bileşenleri karıştırılıp hemen aktive olan tek kullanımlık paket haline gelmektedir. Üretici firma önerisine göre Futurabond U bağlayıcı sistem yüzeye sürülerek 20 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmıştır. Hava sıkma aşamasında bağlayıcının hareket etmediğini görene kadar, en az 5 sn hava sıkılmış ve arkasından ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

3.1.4.4.Elmas frezle pürüzlendirme-fosforik asit-Silan-Adper Single Bond 2 Grubu

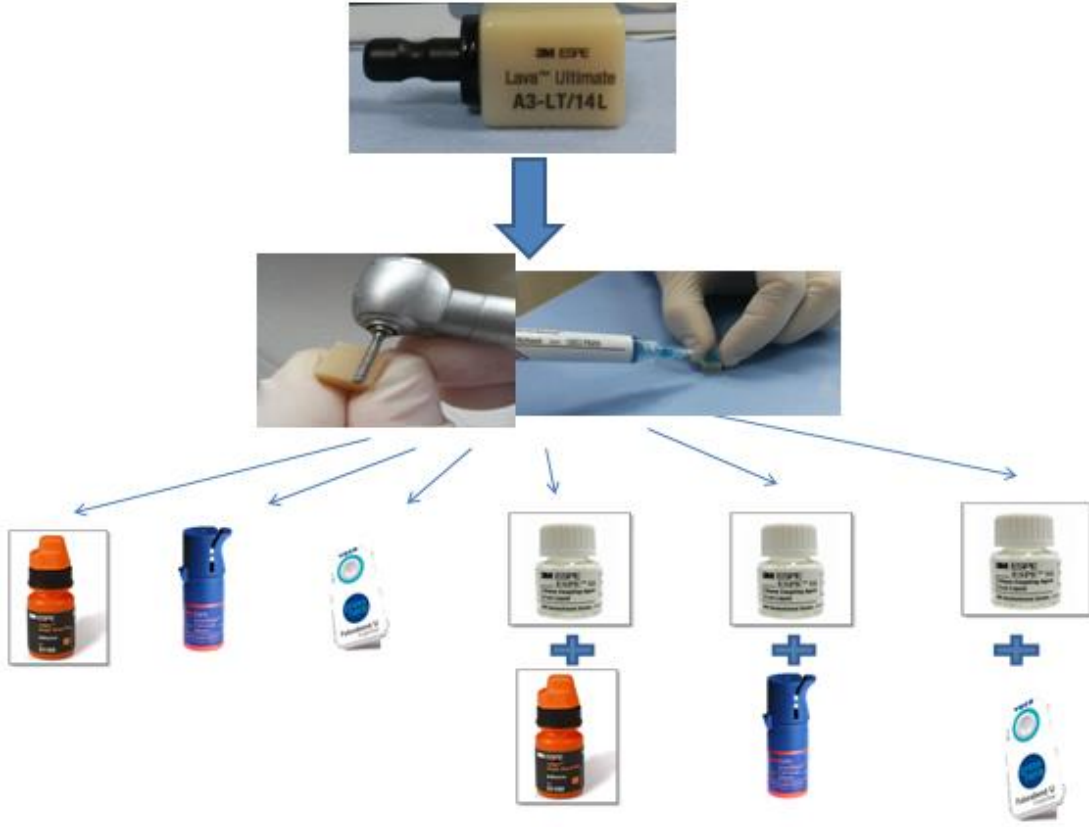
Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin elmas frez ile yüzey pürüzlendirme ve fosforik asit işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Üretici firma önerisine göre ESPE-Sil (3M ESPE, St. Paul, ABD) örnek yüzeyine fırça yardımıyla uygulanarak ve 5 sn süreyle kurumaya bırakılmıştır. Takiben Adper Single Bond 2 (3M ESPE, St Paul, MN, USA) uygulaması üretici firmanın önerileri doğrultusunda etch&rinse olarak %37'lik fosforik asit 15 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmış ve 10 sn yıkanmıştır. Arkasından Single Bond etch&rinse bağlayıcı üretici firma önerileri doğrultusunda örnek yüzeylerine uygulanmıştır. Üretici firma önerisine göre Single Bond bağlayıcı sistem asit uygulanmış örnek yüzeyine 2 kez 15 sn boyunca sürülmüş, arkasından 5 sn hava sıkılmış ve ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

3.1.4.5.Elmas frezle pürüzlendirme-Fosforik asit-Silan-Scotchbond Universal Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin elmas frez ile yüzey pürüzlendirme ve fosforik asit işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Üretici firma önerisine göre ESPE-Sil (3M ESPE, St. Paul, ABD) örnek yüzeyine fırça yardımıyla uygulanarak ve 5 sn süreyle kurumaya bırakılmıştır. Takiben Scotchbond Universal (3M ESPE, Seefeld, Germany) bağlayıcı sistem üretici firma önerileri doğrultusunda uygulanmıştır. Üretici firma önerisine göre Scotchbond Universal bağlayıcı sistem yüzeye sürülerek 20 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmıştır. Hava sıkma aşamasında bağlayıcının hareket etmediğini görene kadar, en az 5 sn hava sıkılmış ve arkasından ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.

3.1.4.6.Elmas frezle pürüzlendirme-Fosforik asit-Silan-Futurabond U Grubu

Gruptaki rasgele seçilen 4 adet örneğin elmas frez ile yüzey pürüzlendirme ve fosforik asit işlemi uygulanan tarafının işlem uygulanmayan taraflar ile karışmaması amacıyla siyah sabit çıkmayan cam kalem ile işaretleme yapılmıştır. Üretici firma önerisine göre ESPE-Sil (3M ESPE, St. Paul, ABD) örnek yüzeyine fırça yardımıyla uygulanarak ve 5 sn süreyle kurumaya bırakılmıştır. Futurabond U (VOCO, Cuxhafen, Germany) bağlayıcı sistem üretici firma önerileri doğrultusunda uygulanmıştır. İki ayrı bileşenden oluşan Futurabond U kullanımından önce bileşenleri karıştırılıp hemen aktive olan tek kullanımlık paket haline gelmektedir. Üretici firma önerisine göre Futurabond U bağlayıcı sistem yüzeye sürülerek 20 sn boyunca tüm yüzeylere uygulanmıştır. Hava sıkma aşamasında bağlayıcının hareket etmediğini görene kadar, en az 5 sn hava sıkılmış ve arkasından ışık cihazı ile 10 sn ışık uygulanarak polimerizasyon sağlanmıştır.



Şekil 3.32: Elmas frez ve fosforik asit (EP+H₃PO₄) ile yüzey pürüzlendirme işlemi ve grupların bağlayıcı ajanlarla görünümü

3.1.5.Örneklerin kompozit materyali ile tamiri ve örneklere termal siklus işleminin uygulanması:

Yüzey hazırlığı ve bağlayıcı ajan uygulanan bütün gruptaki toplamda 96 adet Lava Ultimate prizma örneklerine tamir materyali olan kompozit reçinenin uygun bir şekilde polimerizasyonunun gerçekleştirilebilmesi amacıyla çevresel matriks uygulaması yapılmıştır (Şekil 3-27). Tamir materyali olarak Filtek Z-250 kompozit (3M ESPE, St Paul, MN, USA) üretici firma önerilerine uygun olarak 2 mm kalınlığında tabakalar halinde yüzey üzerine yerleştirilip her tabaka sonrasında 20 sn ışık uygulaması yapılmıştır. 2 mm'lik mesafeler kumpas yardımı ile işaretlenmiştir. Bu şekilde 5 mm yüksekliğinde kompozit blok oluşturulmuştur. Bu işlem sonucunda numunelerin 5 mm'si restorasyon materyali 5 mm'si kompozit reçine olan 10 mm yüksekliğinde örnek blok oluşturulmuştur.



Şekil 3-33: Lava Ultimate örneklerle tamir materyali yerleştirilmesi öncesi çevresel matriks ile çepeçevre Sarılması

Hazırlanan 10 mm yüksekliğindeki numuneler mikrogerilim gerilim dayanım testi öncesinde $5\pm 2-55\pm 2$ C° arasında, 30 saniyelik daldırma süresi ve kaplar arasında transfer zamanı 3 saniye olacak şekilde 1000 defa termal siklus işlemi uygulanmıştır.



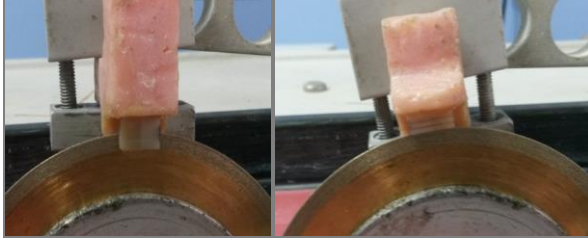
Şekil 3-34: Hazırlanan numunelerin termal siklus cihazındaki görüntüsü

3.1.6.Örneklerin mikrogerilim testi öncesi hazırlanması:

Termal siklus işleminin uygulanmasının takiben her numune blok teker teker sirkolan mum yardımıyla akrilik bloğa yapıştırılmıştır ve sirkolan mum sertleştikten sonra Isomet 1000 cihazına yerleştirilmiştir. Bıçağın 0.3 mm olan kalınlığıda hesaba katılarak her kesim sonrası bıçak 1.3 mm kaydırılmıştır. Bağlanma yüzeyine dik olacak şekilde vertikal olarak 1mm'lik kesitler alınmıştır. Kesitlerin elde edilmesinden sonra akrilik blok cihazdan çıkarılarak 90° döndürülmüş ve cihaza tekrar yerleştirilmiştir. Elmas bıçak yardımıyla bağlanma alanına dik olarak yapılan kesimler sonrası 5 mm'si Lava Ultimate nanoseraamik reçine 5 mm'si kompozit olan 1mm² kalınlığındaki çubuklar elde edilmiştir. Her bloktan ortalama 11-15 çubuk elde edilmiştir. Çubukların gözle muayenesi sonrasında kesim sırasında kopan çubuklar ve defekt gözlenen çubuklara mikrogerilim testi uygulanmamıştır.



Şekil 3-35:Numunenin sirkolan mum yardımıyla akrilik bloğa sabitlenmesi



Şekil 3-36: Şekil 3-37: Numunelere yapılan kesim işlemi sonucu çubuk elde edilmesi

3.2. Mikrogerilim Bağlanma Dayanımı Ölçümü:

Elde edilen çubuklar siyanoakrilat adeziv ajan (by BEST (BY-1500, Cyanoacrylate Adhesive, Ergin Endüstri, İstanbul, Türkiye) aracılığı ile mikrogerilim test cihazına bağlanma alanı aletin tam ortasında olacak şekilde sabitlenmiştir. Çapraz kafa hızı 0,5 mm/dak. olarak ayarlanmış ve her bir çubuğa 500 N/mm² kuvvet uygulanmıştır. Çekme kuvvetlerinin yüklendiği çubukların kopma anlarındaki değerler kaydedilmiştir.



Şekil 3-38: Mikrogerilim test aparatı



Şekil 3-39: Mikrogerilim test aygıtı

3.3. Kırılma Analizinin Ölçümü:

Mikrogerilim cihazında kopan örnekler cihazdan alınarak kopma yüzeyleri X30 büyütmede Stereomikroskop (Olympus SZ61, Munster, Germany) altında incelenmiştir. Buna dayanarak kopma yüzeyleri Lava Ultimate blokta koheziv, tamir kompozitte koheziv ve adeziv/mikt değerler olmak üzere ayrı ayrı kaydedilmiştir. Kopma % 100 Lava Ultimate blok yüzeyinde gerçekleşirse blokta koheziv, % 100 kompozit yüzeyinde gerçekleşirse kompozitte koheziv, % 100 blok-adeziv arayüzünde gerçekleşir ya da

adeziv ve koheziv kopma bir arada gözlenir ise adeziv/mix başarısızlık olarak kaydedilmiştir.

3.4. AFM analizi:

Çalışmamızda uygulanan dört farklı yüzey hazırlığının Lava Ultimate yüzeyinde oluşturduğu yüzey pürüzlülüğünün görüntülenmesi amacıyla İTÜ Mühendislik Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümünde bulunan AFM cihazı kullanılmıştır. AFM analizi öncesinde incelenecek numuneler yüzey hazırlıkları uygulandıktan sonra akrilik bloklara gömülüp akriliğin pürüzlü kısımları sertleştikten sonra zımparalanmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçümü için numuneler AFM cihazının içerisindeki inceleme yapılacak bölmeye yerleştirildikten sonra örnekler örnek tutucusuna çift taraflı bant ile iyice tutturulmuştur. Sistem kalibrasyonu yapıldıktan sonra, örnekler; 350 kHz rezonans frekansına sahip Nanosensors PPP-NCHR Si tip ile dinamik modda analiz edilmiştir. Örneklerin $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ 'lik yüzey alanları 256x256 piksel çözünürlükle taranarak yüzey pürüzlülüğü de hesaplanmıştır.



Şekil 3-40: Şekil 3-41: Şekil 3-42: AFM cihazına numunelerin yerleştirilmesi ve ekrandaki görünümü

3.5. İstatistiksel Yöntem ve Değerlendirme:

Tez çalışmamızın yapılan Power analizi sonucuna göre bağlanma dayanım testi sonuçlarının istatistiksel olarak anlamlı sonuç elde edilmesi amacıyla toplamda 24 alt gruptan oluşan çalışmamızın her bir deney grubu için en az 35 adet kesit elde edilmesi gerektiği tespit edilmiş olup örnek sayısı bu yönde kararlaştırılmıştır. Örnek sayısı belirlenen gruplar için her bir deney alt grubunda 41-52 arası kesit elde

edilmiştir.(n=35) Mikrogerilim bağlanma testi öncesinde örneklerin elde edilmesi ya da test cihazına yerleştirilmesi esnasında kopma gösteren örnekler çalışmamıza dahil edilmemiştir. İstatistiksel analizler için NCSS (Number Cruncher Statistical System) 2007 (Kaysville, Utah, USA) programı kullanılmıştır. Çalışma verileri değerlendirilirken normal dağılıma uygunluğu değerlendirilmiş ve parametrelerin normal dağılıma uygun olduğu saptanmıştır. Parametreler için tablo ve grafikler kullanılmıştır. Normal dağılım gösteren niceliksel verilerin iki grup karşılaştırmalarında Student t Test kullanılmıştır. Normal dağılım gösteren üç ve üzeri grupların karşılaştırmalarında varyansların homojenliği varsayımının sağlandığı değişkenler için One-way ANOVA ve Bonferroni post-hoc test kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık $p<0.01$ ve $p<0.05$ düzeylerinde değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

Nanoseramik Reçine esaslı blokların farklı yüzey pürüzlendirme işlemlerini takiben farklı dentin bağlayıcı ajanlar kullanılarak kompozit reçine ile tamir potansiyeli mikrogerilim bağlanma dayanımı testi ile incelenmiştir. Kompozit ile tamir işleminin mikrogerilim testi sonucunda elde edilen bulgular, dört farklı yüzey hazırlık ana grubunun ve farklı bağlayıcı sistemler kullanılarak elde edilen örneklerin mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 4-1’de gösterilmektedir.

4.1. Farklı Yüzey Hazırlığı Gruplarının Kullanılan Farklı Adeziv Gruplarına Göre Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri Sonuçları

Tablo 4-1: Farklı Yüzey Hazırlığı Gruplarının Kullanılan Farklı Adeziv Gruplarına Göre Bağlanma Dayanım Değerleri

		Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değeri				^a p
		Tribokimyasal silika kaplama Ort±Ss	H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme Ort±Ss	Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme Ort±Ss	EP+H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme Ort±Ss	
Adper	Single	29,03±8,01	12,49±6,03	38,45±5,36	23,44±3,97	0,001**
Bond 2						
Scotchbond		54,82±6,73	25,91±5,15	52,42±8,46	35,94±4,88	0,001**
Universal						
Futurabond U		40,34±7,06	27,22±7,23	44,39±7,25	34,40±5,70	0,001**
Silan+Adper		31,89±11,09	19,20±7,01	45,23±8,75	27,5±4,15	0,001**
Single bond 2						
Silan+Scotchbond		44,36±13,51	31,36±10,24	49,5±9,8	37,79±6,52	0,001**
Universal						
Silan+Futurabond		47,54±7,97	45,49±7,20	51,69±9,05	33,81±8,44	0,001**
U						

^aOne Way ANOVA

**p<0.01,

Dört farklı yüzey hazırlık grubunun ve farklı bağlayıcı sistemler kullanılarak elde edilen mikrogerilim bağlanma dayanımlarının bağlayıcı ajanlar kullanılarak birbirleriyle karşılaştırmaları aşağıda verilmektedir.

Adper Single Bond 2'nin bağlayıcı olarak kullanıldığı gruplarda; farklı yüzey hazırlık gruplarına göre mikrogerilim bağlanma dayanım değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır ($p=0,001$; $p<0,01$) (Tablo 4-1). Yapılan ikili karşılaştırmalara göre; elmas frez ile yüzey pürüzlendirme grubunun mikrogerilim bağlanma dayanım değeri, tribokimyasal silika kaplama , elmas frezle pürüzlendirmeyi takiben fosforik asit uygulaması ($EP+ H_3PO_4$) ile yüzey pürüzleme grubunda ve fosforik asit (H_3PO_4) ile yüzey pürüzlendirme grubundan anlamlı düzeyde yüksektir ($p<0,01$) (Tablo 4-2). Tribokimyasal silika kaplama yapılanların mikrogerilim bağlanma dayanım değeri, $EP+ H_3PO_4$ ile yüzey pürüzlendirme ve H_3PO_4 ile yüzey pürüzlendirme yapılanlardan anlamlı düzeyde yüksektir ($p<0,01$) (Tablo 4-2). $EP+ H_3PO_4$ ile yüzey pürüzlendirme yapılanların mikrogerilim bağlanma dayanım değeri, H_3PO_4 ile yüzey pürüzlendirme yapılanlardan anlamlı düzeyde yüksektir ($p<0,01$) (Tablo 4-2).

Scotchbond Universal'in bağlayıcı olarak kullanıldığı gruplarda; farklı yüzey hazırlık gruplarına göre mikrogerilim bağlanma dayanım değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır ($p=0,001$; $p<0,01$) (Tablo4-1). Yapılan ikili karşılaştırmalara göre; tribokimyasal silika kaplama yapılanların mikrogerilim bağlanma dayanım değeri, elmas frez ile yüzey pürüzlendirme, $EP+ H_3PO_4$ ile yüzey pürüzlendirme ve H_3PO_4 ile yüzey pürüzlendirme yapılanlardan anlamlı düzeyde yüksektir ($p<0,01$) (Tablo 4-2). Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme yapılanların mikrogerilim bağlanma dayanım değeri, $EP+ H_3PO_4$ ile yüzey pürüzlendirme ve H_3PO_4 ile yüzey pürüzlendirme yapılanlardan anlamlı düzeyde yüksektir ($p<0,01$) (Tablo 4-2). $EP+ H_3PO_4$ ile yüzey pürüzlendirme yapılanların mikrogerilim bağlanma dayanım değeri, H_3PO_4 ile yüzey pürüzlendirme yapılanlardan anlamlı düzeyde yüksektir ($p<0,01$) (Tablo 4-2).

Futurabond U'nun bağlayıcı olarak kullanıldığı gruplarda; farklı yüzey hazırlık gruplarına göre mikrogerilim bağlanma dayanım değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır ($p=0,001$; $p<0,01$) (Tablo 4-1). Yapılan ikili karşılaştırmalara göre; elmas frez ile yüzey pürüzlendirme yapılanların mikrogerilim bağlanma dayanım değeri, $EP+ H_3PO_4$ ile yüzey pürüzlendirme ve H_3PO_4 yüzey pürüzlendirme yapılanlardan anlamlı düzeyde yüksektir ($p<0,01$) (Tablo 4-2). Tribokimyasal silika kaplama yapılanların mikrogerilim bağlanma dayanım değeri, $EP+ H_3PO_4$ ile yüzey pürüzlendirme ve H_3PO_4 ile yüzey pürüzlendirme yapılanlardan

anlamalı düzeyde yüksektir ($p<0,01$) (Tablo 4-2). EP+ H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme yapılanların mikrogerilim bağlanma dayanım değeri, H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme yapılanlardan anlamalı düzeyde yüksektir ($p<0,01$) (Tablo 4-2).

Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2'nin bağlayıcı olarak kullanıldığı gruplarda; farklı yüzey hazırlık gruplarına göre mikrogerilim bağlanma dayanım değeri arasında istatistiksel olarak anlamalı farklılık saptanmıştır ($p=0,001$; $p<0,01$) (Tablo 4-1). Yapılan ikili karşılaştırmalara göre; elmas frez ile yüzey pürüzlendirme yapılanların mikrogerilim bağlanma dayanım değeri, tribokimyasal silika kaplama, EP+ H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme ve H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme yapılanlardan anlamalı düzeyde yüksektir ($p<0,01$) (Tablo 4-2). Tribokimyasal silika kaplama yapılanların mikrogerilim bağlanma dayanım değeri, H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme yapılanlardan anlamalı düzeyde yüksektir ($p<0,01$) (Tablo 4-2). EP+ H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme yapılanların mikrogerilim bağlanma dayanım değeri, H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme yapılanlardan anlamalı düzeyde yüksektir ($p<0,01$) (Tablo 4-2).

Silan uygulamasını takiben Scotchbond Universal'in bağlayıcı olarak kullanıldığı gruplarda; farklı yüzey hazırlık gruplarına göre mikrogerilim bağlanma dayanım değeri arasında istatistiksel olarak anlamalı farklılık saptanmıştır ($p=0,001$; $p<0,01$) (Tablo 4-1). Yapılan ikili karşılaştırmalara göre; elmas frez ile yüzey pürüzlendirme yapılanların mikrogerilim bağlanma dayanım değeri, EP+ H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme ve H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme yapılanlardan anlamalı düzeyde yüksektir ($p<0,01$) (Tablo 4-2). Tribokimyasal silika kaplama yapılanların mikrogerilim bağlanma dayanım değeri, EP+ H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme ve H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme yapılanlardan anlamalı düzeyde yüksektir ($p<0,05$) (Tablo 4-2). EP+ H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme yapılanların mikrogerilim bağlanma dayanım değeri, H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme yapılanlardan anlamalı düzeyde yüksektir ($p<0,01$) (Tablo 4-2).

Silan uygulamasını takiben Futurabond U'nun bağlayıcı olarak kullanıldığı gruplarda; farklı yüzey hazırlık gruplarına göre mikrogerilim bağlanma dayanım değeri arasında istatistiksel olarak anlamalı farklılık saptanmıştır ($p=0,001$; $p<0,01$) (Tablo 4-1). Yapılan ikili karşılaştırmalara göre; elmas frez ile yüzey pürüzlendirme yapılanların mikrogerilim bağlanma dayanım değeri, EP+ H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme ve H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme yapılanlardan anlamalı düzeyde yüksektir ($p<0,05$) (Tablo 4-2).

Tribokimyasal silika kaplama yapılanların mikrogirilim bağlanma dayanım değeri, EP+ H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme yapılanlardan anlamlı düzeyde yüksektir (p<0,01) (Tablo 4-2). H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme yapılanların mikrogirilim bağlanma dayanım değeri, EP+ H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme yapılanlardan anlamlı düzeyde yüksektir (p<0,01) (Tablo 4-2).

Tablo 4-2: Farkli Yüzey Hazırlığı Gruplarının Kullanılan Farkli Adeziv Gruplarına Göre Bağlanma Dayanım Değerlerinin Post-Hoc Karşılaştırma Sonuçları

		^b p
Adper Single Bond 2		
Tribokimyasal silika kaplama	H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
	Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
	EP+ H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
	EP+ H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	EP+ H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
Scotchbond Universal		
Tribokimyasal silika kaplama	H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
	Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	0,723
	EP+ H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
	EP+ H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	EP+ H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
Futurabond U		
Tribokimyasal silika kaplama	H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
	Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	0,087
	EP+ H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,002**
H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
	EP+ H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	EP+ H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**

Silan+Adper Single Bond 2

	H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
Tribokimyasal silika kaplama	Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
	EP+ H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,155
H ₃ PO ₄ yüzey pürüzlendirme	Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
	EP+ H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	EP+ H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**

Silan+Scotchbond Universal

	H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
Tribokimyasal silika kaplama	Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	0,233
	EP+ H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,048*
H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
	EP+ H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,061
Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	EP+ H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**

Silan+Futurabond U

	H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	1,000
Tribokimyasal silika kaplama	Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	0,214
	EP+ H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	0,011*
	EP+ H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**
Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	EP+ H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	0,001**

^bBonferroni Test * $p < 0,05$ (anlamlı) ** $p < 0,01$ (ileri derecede anlamlı) $p > 0,05$ (anlamsız)

4.2. Tribokimyasal Silika Kaplama Grubu Sonuçları

Tablo 4-3: Tribokimyasal Silika Kaplama Grubunda; Farklı Tipte Bağlayıcı Ajanlara Göre Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri

Tribokimyasal silika kaplama	n	Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değeri	
		Ort±Ss	^a p
Adper Single Bond 2	35	29,03±8,01	0,001**
Scotchbond Universal	35	54,82±6,73	
Futurabond U	35	40,34±7,06	
Silan+Adper Single Bond 2	35	31,89±11,09	
Silan+Scotchbond Universal	35	44,36±13,51	
Silan+Futurabond U	35	47,54±7,97	
^a One Way ANOVA		**p<0,01(ileri derecede anlamlı)	

Tablo 4-4: Tribokimyasal Silika Kaplama Grubunun Farklı Tipte Bağlayıcı Ajan Uygulanmalarına Göre Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerlerinin Post-Hoc Karşılaştırma Sonuçları

Farklı Tipte Bağlayıcı Ajan Uygulanması		Tribokimyasal silika kaplama ^b p
	Scotchbond Universal	0,001**
	Futurabond U	0,001**
Adper Single Bond 2	Silan+ Adper Single Bond 2	1,000
	Silan+Scotchbond Universal	0,001**
	Silan+Futurabond U	0,001**
	Futurabond U	0,001**
Scotchbond Universal	Silan+ Adper Single Bond 2	0,001**
	Silan+Scotchbond Universal	0,001**
	Silan+Futurabond U	0,020*
	Silan+ Adper Single Bond 2	0,003**
Futurabond U	Silan+Scotchbond Universal	1,000
	Silan+Futurabond U	0,023*
Silan+ Adper Single Bond 2	Silan+Scotchbond Universal	0,001**
	Silan+Futurabond U	0,001**
Silan+Scotchbond Universal	Silan+Futurabond U	1,000

^bBonferroni Test * $p < 0,05$ (anlamlı) ** $p < 0,01$ (ileri derecede anlamlı) $p > 0,05$ (anlamsız)

Tribokimyasal silika kaplama grubu mikrogerilim bağlanma dayanım değerleri alt gruplara göre istatistiksel olarak farklılık göstermektedir ($p=0,001$; $p<0,01$). Farklılığı tespit etmek için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; Scotchbond Universal grubu mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin, Adper Single Bond 2, Futurabond U, Silan uygulamasını takiben Scotchbond Universal kullanılan grup ve Silan uygulamasını takiben Futurabond U kullanılan grup değerlerinden yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$). Silan uygulamasını takiben

Futurabond U uygulanan grup mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin, Adper Single Bond 2, Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 uygulanan grup ve Futurabond U değerlerinden yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$).

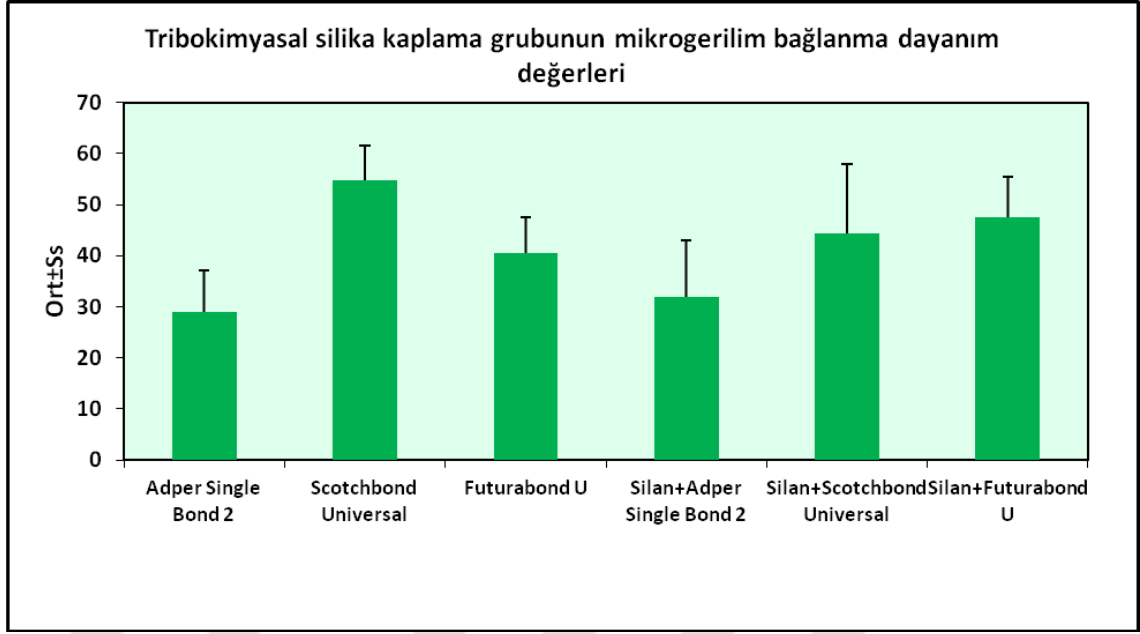
Silan uygulamasını takiben Scotchbond Universal kullanılan grupta mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin, Adper Single Bond 2 ve Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan grup değerlerinden yüksek olması da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$). Futurabond U kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin de, Adper Single Bond 2 ($p=0,001$) ve Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan grup değerlerinden yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,01$).

Tablo 4-5: Tribokimyasal Silika Kaplama Grubunun Silan uygulanan ve Silan uygulanmayan Gruplarına Göre Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri

Tribokimyasal silika kaplama		Silan uygulanan	Silan uygulanmayan	p
Adper Single Bond 2	$Ort \pm Ss$	31,89 $\pm$ 11,09	29,03 $\pm$ 8,01	0,221
Scotchbond Universal	$Ort \pm Ss$	44,36 $\pm$ 13,51	54,82 $\pm$ 6,73	0,001**
Futurabond U	$Ort \pm Ss$	47,54 $\pm$ 7,97	40,34 $\pm$ 7,06	0,001**

^cStudent-t Test ** $p<0,01$ (ileri derecede anlamlı) $p>0,05$ (anlamsız)

Tribokimyasal silika kaplama grubunun Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan grubu ile Silan uygulanmayan Adper Single Bond 2 grubu mikrogerilim bağlanma dayanım değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık saptanmamıştır ($p=0,221$; $p>0,05$). Silan uygulamasını takiben Scotchbond Universal kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin Silan uygulanmayan Scotchbond Universal grubundan düşük olması ve Silan uygulamasını takiben Futurabond U kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin Silan uygulanmayan Futurabond U grubundan yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$).



Şekil 4-1: Tribokimyasal Silika Kaplama Grubunda Alt Grupların Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri

4.3. H₃PO₄ (fosforik asit) ile yüzey pürüzlendirme sonuçları

Tablo 4-6: H₃PO₄ ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunda Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri

	n	Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değeri	^a p
		Ort±Ss	
H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme			
Adper Single Bond 2	35	12,49±6,03	0,001**
Scotchbond Universal	35	25,91±5,15	
Futurabond U	35	27,22±7,23	
Silan+ Adper Single Bond 2	35	19,20±7,01	
Silan+Scotchbond Universal	35	31,36±10,24	
Silan+Futurabond U	35	45,49±7,20	

0,001**

^aOne Way ANOVA

**p<0.01(ileri derecede anlamlı)

H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme grubu mikrogerilim bağlanma dayanım değerleri alt gruplara göre farklılık göstermektedir (p=0,001; p<0,01).

Tablo 4-7: H₃PO₄ ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunun Farklı Tipte Bağlayıcı Ajan Uygulanmalarına Göre Bağlanma Dayanım Değerlerinin Post-Hoc Karşılaştırma Sonuçları

		^b p
	Scotchbond Universal	0,001**
	Futurabond U	0,001**
Adper Single Bond 2	Silan+ Adper Single Bond 2	0,002**
	Silan+Scotchbond Universal	0,001**
	Silan+Futurabond U	0,001**
	Futurabond U	1,000
Scotchbond Universal	Silan+ Adper Single Bond 2	0,002**
	Silan+Scotchbond Universal	0,031*
	Silan+Futurabond U	0,001**
Futurabond U	Silan+ Adper Single Bond 2	0,001**
	Silan+Scotchbond Universal	0,281
	Silan+Futurabond U	0,001**
Silan+ Adper Single Bond 2	Silan+Scotchbond Universal	0,001**
	Silan+Futurabond U	0,001**
Silan+Scotchbond Universal	Silan+Futurabond U	0,001**

^bBonferroni Test *p<0,05(anlamlı) **p<0,01(ileri derecede anlamlı) p>0,05(anlamsız)

Farklılığı tespit etmek için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; Silan uygulamasını takiben Futurabond U kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerleri, Adper Single Bond 2, Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan grup, Futurabond U, Scotchbond Universal ve Silan uygulamasını takiben Scotchbond Universal kullanılan grupların mikrogerilim bağlanma dayanımı değerlerinden istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur (p=0,001; p<0,01). Silan uygulamasını takiben Scotchbond Universal kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerleri ise, Adper Single Bond 2, Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan grup ve Scotchbond Universal grubunun bağlanma dayanımı

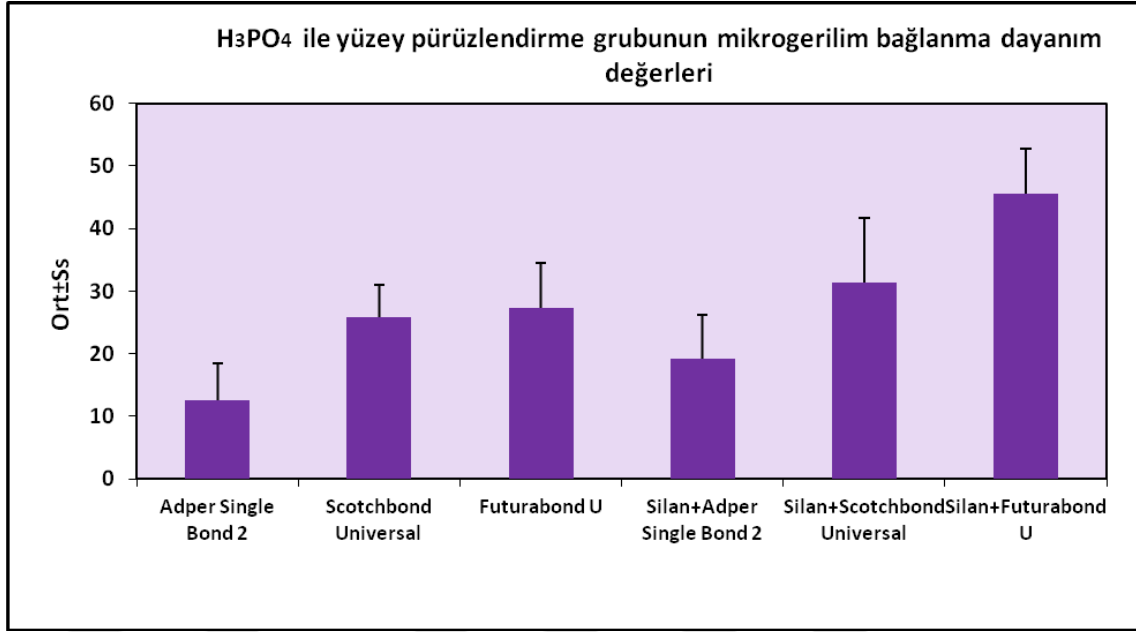
değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$). Futurabond U uygulanan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin, Adper Single Bond 2 ve Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan gruptan yüksek olması da istatistiksel olarak anlamlılık taşımaktadır ($p=0,001$; $p<0,01$). Scotchbond Universal kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin, Adper Single Bond 2 ve Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan grup mikrogerilim bağlanma dayanımı değerlerinden yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,01$). Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanımı değerlerinin de Adper Single Bond 2 uygulanan gruptan yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,002$; $p<0,01$).

Tablo 4-8: H₃PO₄ ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunun, Farklı Tipte Bağlayıcı Ajanlarda; Silan uygulanan ve Silan uygulanmayan Gruplara Göre Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri

H ₃ PO ₄ ile yüzey pürüzlendirme	Silan uygulanan	Silan uygulanmayan	<i>p</i>
Adper Single Bond 2 <i>Ort±Ss</i>	19,20±7,01	12,49±6,03	0,001**
Scotchbond Universal <i>Ort±Ss</i>	31,36±10,24	25,91±5,15	0,007**
Futurabond U <i>Ort±Ss</i>	45,49±7,20	27,22±7,23	0,001**

^cStudent-t Test ** $p<0,01$ (ileri derecede anlamlı)

H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme grubunun Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin Silan uygulanmayan Adper Single Bond 2 grubu mikrogerilim bağlanma değerlerinden yüksek olması; Silan uygulamasını takiben Scotchbond Universal kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin Silan uygulanmayan Scotchbond Universal grubundan yüksek olması ve Silan uygulanan Futurabond U grubu mikrogerilim bağlanma dayanımı değerlerinin Silan uygulanmayan Futurabond U grubundan yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,01$).



Şekil 4-2: H₃PO₄ ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunda Alt Grupların Bağlanma Dayanım Değerleri

4.4. Elmas Frez İle Yüzey Pürüzlendirme Sonuçları

Tablo 4-9: Elmas Frez ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunda Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri

Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	n	Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değeri		^a p
		Ort±Ss		
Adper Single Bond 2	35	38,45±5,36		0,001**
Scotchbond Universal	35	52,42±8,46		
Futurabond U	35	44,39±7,25		
Silan+ Adper Single Bond 2	35	45,23±8,75		
Silan+Scotchbond Universal	35	49,50±9,80		
Silan+Futurabond U	35	51,69±9,05		

^aOne Way ANOVA

**p<0,01(ileri derecede anlamlı)

Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme grubunun mikrogerilim bağlanma dayanım değerleri alt gruplara göre farklılık göstermektedir (p=0,001; p<0,01).

Tablo 4-10: Elmas Frez ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunun Farklı Tipte Bağlayıcı Ajan Uygulanmalarına Göre Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerlerinin Post Hoc Karşılaştırma Sonuçları

		^b p
	Scotchbond Universal	0,001**
	Futurabond U	0,044*
Adper Single Bond 2	Silan+ Adper Single Bond 2	0,011*
	Silan+Scotchbond Universal	0,001**
	Silan+Futurabond U	0,001**
	Futurabond U	0,001**
Scotchbond Universal	Silan+ Adper Single Bond 2	0,005**
	Silan+Scotchbond Universal	1,000
	Silan+Futurabond U	1,000
	Silan+ Adper Single Bond 2	1,000
Futurabond U	Silan+Scotchbond Universal	0,152
	Silan+Futurabond U	0,004**
Silan+ Adper Single Bond 2	Silan+Scotchbond Universal	0,469
	Silan+Futurabond U	0,018*
Silan+Scotchbond Universal	Silan+Futurabond U	1,000

^bBonferroni Test * $p < 0,05$ (anlamlı) ** $p < 0,01$ (ileri derecede anlamlı) $p > 0,05$ (anlamsız)

Farklılığı tespit etmek için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; Scotchbond Universal grubunun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin, Adper Single Bond 2, Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan grup ve Futurabond U grubu değerlerinden yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,01$). Silan uygulamasını takiben Futurabond U kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin, Adper Single Bond 2, Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan grup ve Futurabond U grubunun mikrogerilim bağlanma dayanımı değerlerinden yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Silan uygulamasını takiben Scotchbond Universal kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin, Adper Single Bond 2 kullanılan gruptaki mikrogerilim bağlanma dayanımı değerlerinden yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

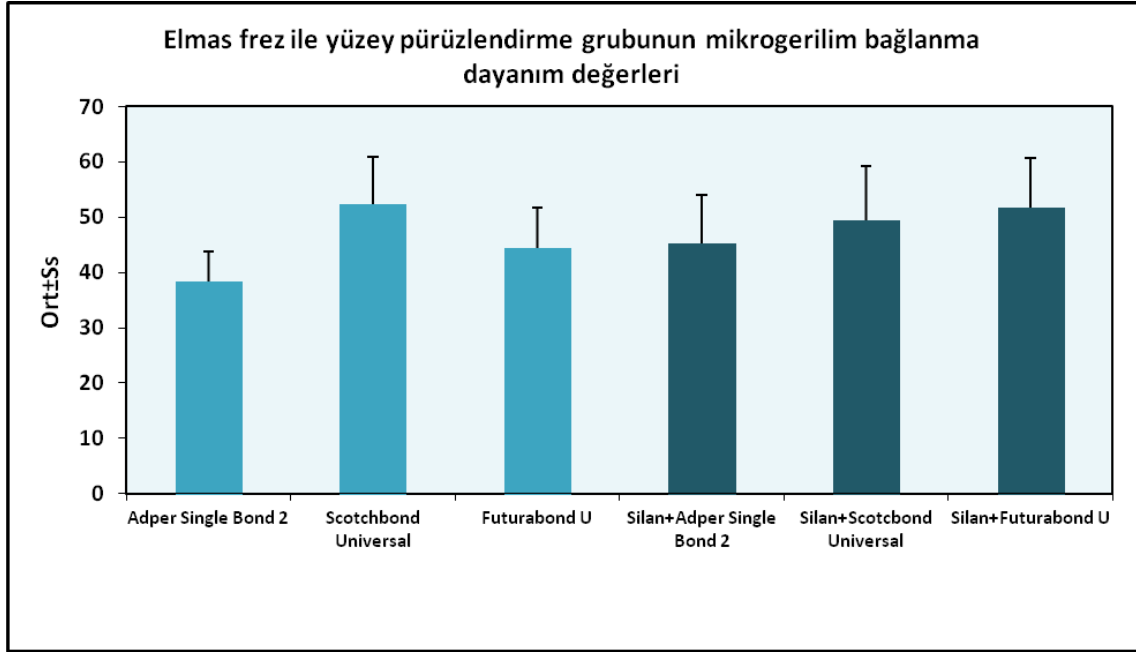
($p=0,001$; $p<0,01$). Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin, Adper Single Bond 2 kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanımı değerlerinden yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,011$; $p<0,05$). Futurabond U kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin de Single bond kullanılan gruptan yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,044$; $p<0,05$).

Tablo 4-11: Elmas Frez ile Yüzey Pürüzlendirme Gruplarında Farklı Tipte Bağlayıcı Ajanlarda; Silan uygulanan ve Silan uygulanmayan Gruplarına Göre Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri

Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	Silan uygulanan	Silan uygulanmayan	p
Adper Single Bond 2 <i>Ort$\pm$Ss</i>	45,23 $\pm$ 8,75	38,45 $\pm$ 5,36	0,001**
Scotchbond Universal <i>Ort$\pm$Ss</i>	49,50 $\pm$ 9,80	52,42 $\pm$ 8,46	0,187
Futurabond U <i>Ort$\pm$Ss</i>	51,69 $\pm$ 9,05	44,39 $\pm$ 7,25	0,001**

^cStudent-t Test ** $p<0,01$ (ileri derecede anlamlı)

Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme grubunun Silan uygulamasını takiben Scotchbond Universal kullanılan grup ile Silan uygulanmayan Scotchbond Universal grubu mikrogerilim bağlanma dayanım değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık saptanmamıştır ($p=0,187$; $p>0,05$). Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin Silan uygulanmayan Adper Single Bond 2 grubundan yüksek olması ve Silan uygulamasını takiben Futurabond U kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin Silan uygulanmayan Futurabond U grubundan yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$).



Şekil 4-3: Elmas Frez ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunda Alt Grupların Bağlanma Dayanım Değerleri

4.5. EP+ H₃PO₄ (Elmas frezle pürüzlendirmeyi takiben fosforik asit uygulaması) ile yüzey pürüzlendirme sonuçları

Tablo 4-12: EP+H₃PO₄ ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunda Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri

EP+HPO4 ile yüzey pürüzlendirme	n	Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değeri	^a p
		Ort±Ss	
Adper Single Bond 2	35	23,44±3,97	0,001**
Scotchbond Universal	35	35,94±4,88	
Futurabond U	35	34,40±5,70	
Silan+ Adper Single Bond 2	35	27,50±4,15	
Silan+Scotchbond Universal	35	37,79±6,52	
Silan+Futurabond U	35	33,81±8,44	

^aOne Way ANOVA

**p<0,01(ileri derecede anlamlı)

EP+ H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme grubu mikrogerilim bağlanma dayanım değerleri alt gruplara göre farklılık göstermektedir (p=0,001; p<0,01).

Tablo 4-13: EP+H₃PO₄ ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunun Alt Gruplarına Göre Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerlerinin Post Hoc Karşılaştırma Sonuçları

		^b p
Adper Single Bond 2	Scotchbond Universal	0,001**
	Futurabond U	0,001**
	Silan+ Adper Single Bond 2	0,058
	Silan+Scotchbond Universal	0,001**
	Silan+Futurabond U	0,001**
Scotchbond Universal	Futurabond U	1,000
	Silan+ Adper Single Bond 2	0,001**
	Silan+Scotchbond Universal	1,000
	Silan+Futurabond U	1,000
Futurabond U	Silan+ Adper Single Bond 2	0,001**
	Silan+Scotchbond Universal	0,230
	Silan+Futurabond U	1,000
Silan+ Adper Single Bond 2	Silan+Scotchbond Universal	0,001**
	Silan+Futurabond U	0,001**
Silan+Scotchbond Universal	Silan+Futurabond U	0,074

^bBonferroni Test

* $p < 0,05$ (anlamlı)

** $p < 0,01$ (ileri derecede anlamlı)

$p > 0,05$ (anlamsız)

Farklılığı tespit etmek için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; Silan uygulamasını takiben Scotchbond Universal kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin, Adper Single Bond 2 ve Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanımı değerlerinden yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$). Scotchbond Universal kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin, Adper Single Bond 2 ve Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan grubunun

mikrogerilim bağlanma dayanımı değerlerinden yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$). Futurabond U kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin, Adper Single Bond 2 ve Silanlı Adper Single Bond 2 değerlerinden yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$). Silanlı Futurabond U alt grubu bağlanma dayanım değerlerinin, Adper Single Bond 2 ve Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanımı değerlerinden yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$). Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerleri ile Adper Single Bond 2 değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık saptanmazken; Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin Silan uygulanmayan Adper Single Bond 2 grubundan yüksek olması istatistiksel olarak anlamlılığa yakın bulunmuştur ($p=0,058$; $p>0,05$).

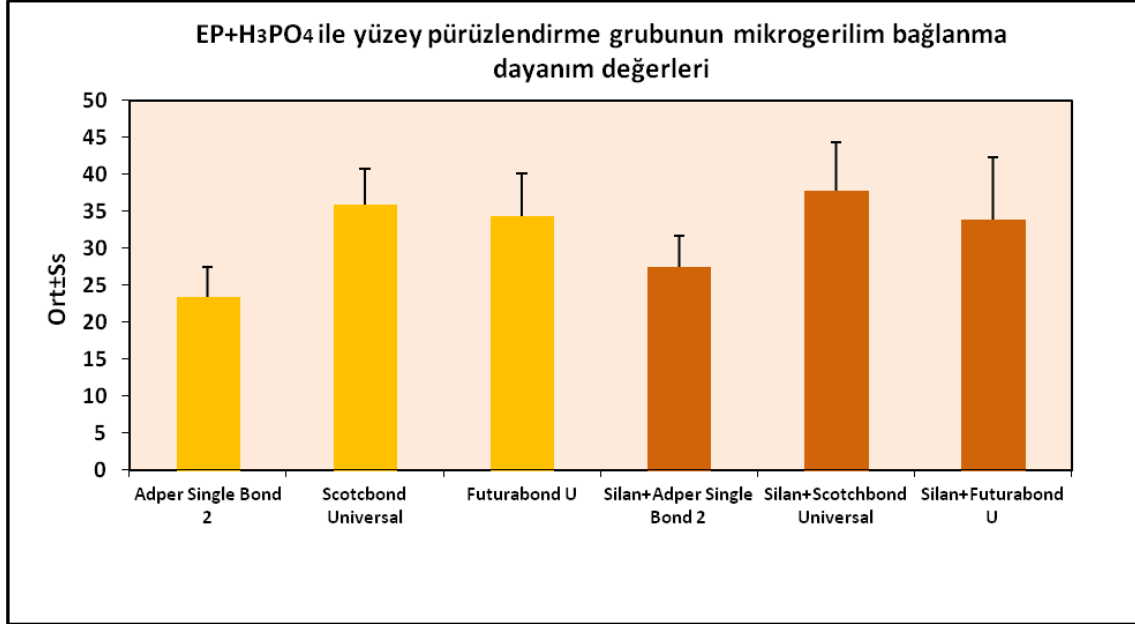
Tablo 4-14: EP+ H₃PO₄ ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunun Silan uygulanan ve Silan uygulanmayan Alt Gruplarına Göre Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri

EP+HPO4 ile yüzey pürüzlendirme	Silan Uygulanan	Silan Uygulanmayan	^c p
Adper Single Bond 2			0,001**
<i>Ort±Ss</i>	27,50±4,15	23,44±3,97	
Scotchbond Universal			0,184
<i>Ort±Ss</i>	37,79±6,52	35,94±4,88	
Futurabond U			0,739
<i>Ort±Ss</i>	33,81±8,44	34,40±5,70	

^cStudent-t Test ** $p<0,01$ (ileri derecede anlamlı)

EP+ H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme grubunun Silan uygulamasını takiben Adper Single Bond 2 kullanılan grubun mikrogerilim bağlanma dayanım değerleri Silan uygulanmayan Adper Single Bond 2 grubundan yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$). Silan uygulamasını takiben Scotchbond Universal kullanılan grup ile Silan uygulanmayan Scotchbond Universal grubu mikrogerilim bağlanma dayanım değerleri arasında ve Silan uygulamasını takiben

Futurabond U kullanılan grup ile Silan uygulanmayan Futurabond U grubu mikrogerilim bağlanma dayanım değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$).



Şekil 4-4: EP+ H₃PO₄ ile Yüzey Pürüzlendirme Grubunda Alt Grupların Mikrogerilim Bağlanma Dayanım Değerleri

Gruplara göre adeziv, koheziv kompozit ve blok mikrogerilim bağlanma testinde elde edilen kopma yüzeylerinin dağılımı Tablo 4-15’de görülmektedir.

Tablo 4-15: Gruplara Göre Adeziv/ Koheziv Kopma Oranlarının Dağılımı

	Adeziv	Koheziv Kompozit	Koheziv Blok
	n (%)	n (%)	n (%)
Tribokimyasal silika kaplama- Adper Single Bond 2	23 (65,7)	9 (25,7)	3 (8,6)
Tribokimyasal silika kaplama- Scotchbond universal	27 (77,1)	7 (20,0)	1 (2,9)
Tribokimyasal silika kaplama- Futurabond U	22 (62,9)	13 (37,1)	0 (0)
Tribokimyasal silika kaplama- Silan- Adper Single Bond 2	23 (65,7)	12 (34,3)	0 (0)
Tribokimyasal silika kaplama- Silan-Scotchbond universal	22 (62,9)	8 (22,9)	5 (14,3)
Tribokimyasal silika kaplama- Silan-Futurabond U	26 (74,3)	5 (14,3)	4 (11,4)
H ₃ PO ₄ - Adper Single Bond 2	31 (88,6)	0 (0)	4 (11,4)

H₃PO₄ –Scotchbond Universal	30 (85,7)	1 (2,9)	4 (11,4)
H₃PO₄ –Futurabond U	25 (71,4)	2 (5,7)	8 (22,9)
H₃PO₄ –Silan- Adper Single Bond 2	24 (68,6)	6 (17,1)	5 (14,3)
H₃PO₄ –Silan-Scotchbond Universal	31 (88,6)	2 (5,7)	2 (5,7)
H₃PO₄ –Silan-Futurabond U	24 (68,6)	5 (14,3)	6 (17,1)
Elmas frez- Adper Single Bond 2	25 (71,4)	5 (14,3)	5 (14,3)
Elmas frez-Scotchbond Universal	30 (85,7)	5 (14,3)	0 (0)
Elmas frez-Futurabond U	26 (74,3)	7 (20)	2 (5,7)
Elmas frez-Silan- Adper Single Bond 2	28 (80)	4 (11,4)	3 (8,6)
Elmas frez-Silan-Scotchbond Universal	25 (71,4)	6 (17,1)	4 (11,4)
Elmas frez-Silan-FuturabondU	24 (68,6)	6 (17,1)	5 (14,3)
Elmas frez+H₃PO₄- Adper Single Bond 2	27 (77,1)	5 (14,3)	3 (8,6)
Elmas frez+H₃PO₄-Scotchbond Universal	21 (60,0)	13 (37,1)	1 (2,9)
Elmas frez+H₃PO₄-Futurabond U	25 (71,4)	8 (22,9)	2 (5,7)
Elmas frez+H₃PO₄-Silan-Adper Single Bond 2	28 (80,0)	4 (11,4)	3 (8,6)
Elmas frez+H₃PO₄-Silan-Scotchbond Universal	22 (62,9)	11 (31,4)	2 (5,7)
Elmas frez+H₃PO₄-Silan-Futurabond U	26 (74,3)	5 (14,3)	4 (11,4)
Toplam (n=840)	615 (73,2)	149 (17,7)	76 (9,0)

Ana ve alt gruplara göre adeziv, koheziv kompozit ve blok mikrogerilim bağlanma testinde elde edilen kopma yüzeylerinin dağılımı Tablo 4-16'da görülmektedir.

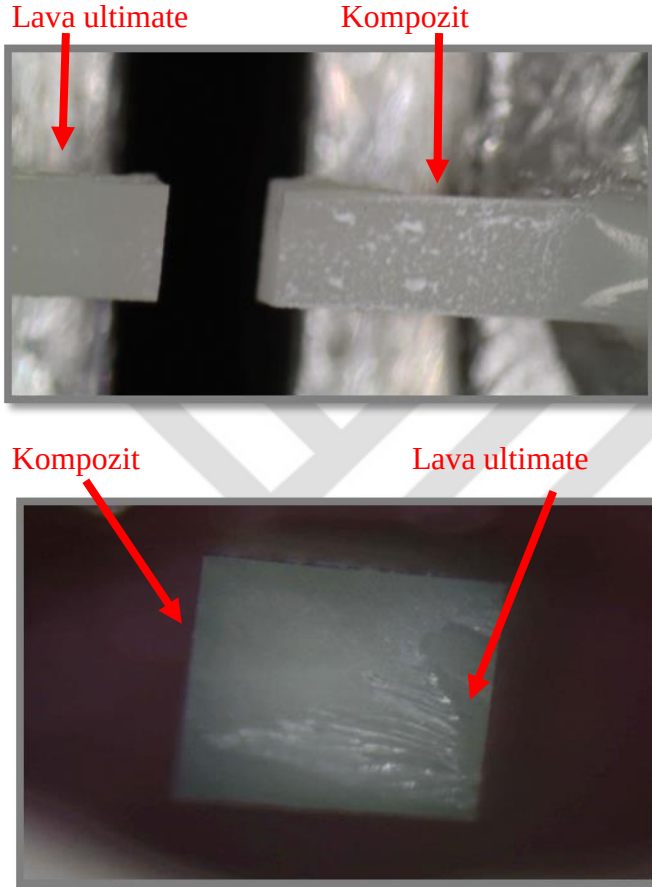
Tablo 4-16: Ana ve Alt Gruplara Göre Adeziv/ Koheziv Kopma Yüzeylerinin Dağılımı

		Adeziv	Koheziv Kompozit	Koheziv Blok	P
		n (%)	n (%)	n (%)	
Ana gruplar	Tribokimyasal silika kaplama	143(68,1)	54 (25,7)	13 (6,2)	0,001**
	H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme	165(78,6)	16 (7,6)	29 (13,8)	
	Elmas frez ile yüzey pürüzlendirme	158(75,2)	33 (15,7)	19 (9)	
	EP+ H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme	149 (71)	46 (21,9)	15 (7,1)	
Alt gruplar	Adper Single Bond 2	106(75,7)	19 (13,6)	15 (10,7)	0,324
	Scotchbond Universal	108(77,1)	26 (18,6)	6 (4,3)	
	Futurabond U	98 (70)	30 (21,4)	12 (8,6)	
	Silan+ Adper Single Bond 2	103(73,6)	26 (18,6)	11 (7,9)	
	Silan+ Scotchbond Universal	100(71,4)	27 (19,3)	13 (9,3)	
	Silan+ Futurabond U	100(71,4)	21 (15)	19 (13,6)	

Pearson Ki-kare Test ** $p < 0,01$ (ileri derecede anlamlı) $p > 0,05$ (anlamsız)

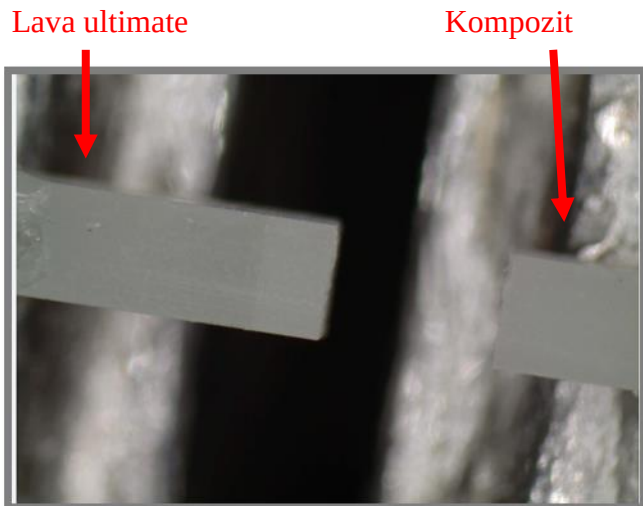
Ana gruplara göre adeziv, koheziv kompozit ve blok mikrogerilim bağlanma testinde elde edilen kopma yüzeylerinin dağılımı arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır ($p=0.001$; $p<0.01$); Tribokimyasal silika kaplama yapılarında koheziv kompozit kopma yüzeyi görülme oranı; H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme grubunda ise koheziv blok kopma yüzeyi görülme oranı diğer gruplardan anlamlı düzeyde yüksektir. Alt gruplara göre adeziv, koheziv kompozit ve koheziv blok kopma yüzeylerinin dağılımı arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$).

Mikrogerilim bağlanma dayanımı testi sonucunda kopma yüzeyinin saptandığı deney örneklerinin stereomikroskopta X30 büyütmede alınan fotoğrafları sonucunda kopma türü belirlenmiş olup gruplar arasında en fazla görülen kopma tipi olan adeziv kopmanın gerçekleştiği blok ve kompozit yüzeylerinin resmi Şekil 4-5’ de gösterilmektedir.



Şekil 4-5: Lava ultimate ve kompozit reçine yüzeyinde adeziv kopma

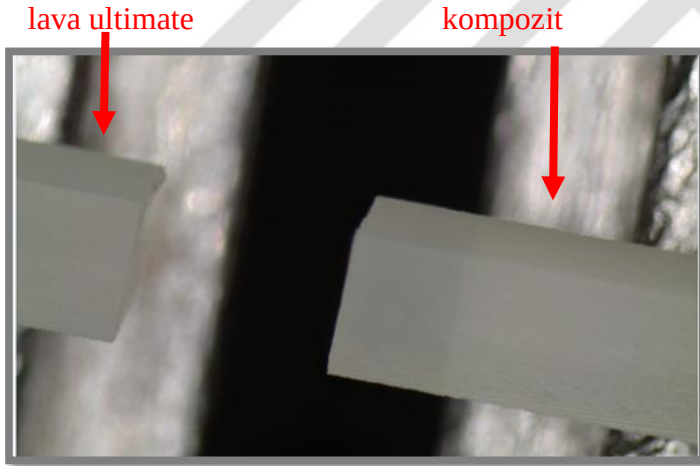
Mikrogerilim bağlanma testi sonucunda kopma yüzeyinin saptandığı deney örneklerinin stereomikroskopta X30 büyütmede alınan fotoğraflarının değerlendirilmesi sonucunda kopmaların türü belirlenmiş olup gruplar arasında ikinci en fazla görülen kopma tipi olan “kompozitte koheziv kopma” görüntüsü şekil 4-6 de gösterilmektedir.





Şekil 4-6: Kompozit reçine yüzeyinde gözlenen koheziv kopma

Mikrogerilim bağlanma testi sonucunda kopma yüzeyinin saptandığı deney örneklerinin stereomikroskop altında 30X büyütmede alınan görüntülerin değerlendirilmesi ile kopma türü belirlenmiş olup gruplar arasında en az görülen kopma tipi olan Lava Ultimate blokta “koheziv kopma” şekil 4-7 de gösterilmektedir.



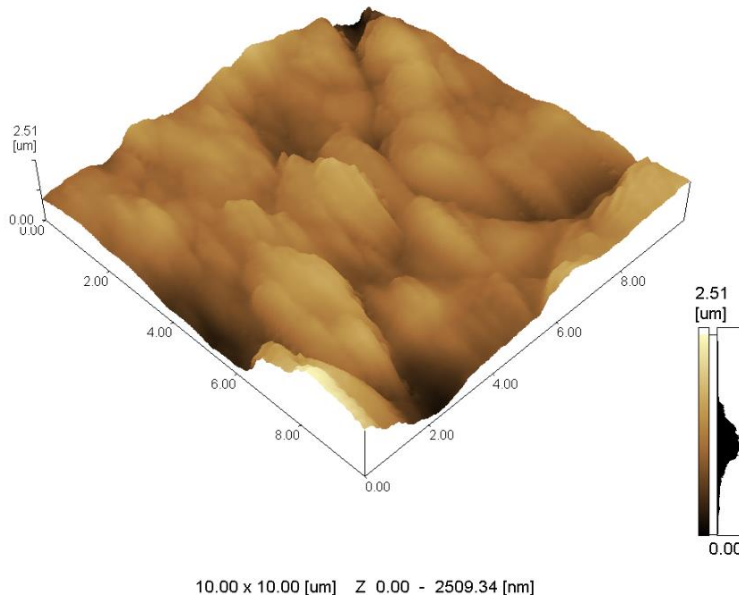
Şekil 4-7: Lava Ultimate blok yüzeyinde gözlenen koheziv kopma

4.6. AFM incelemesi

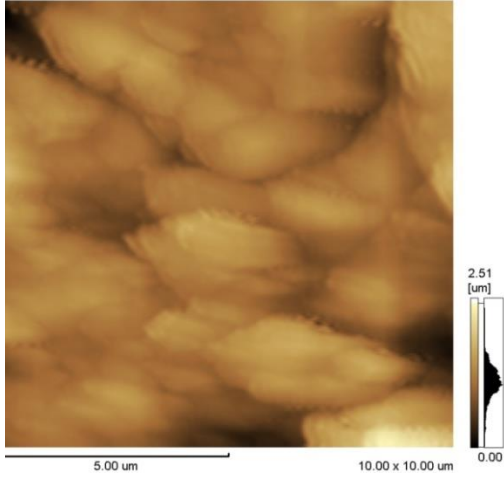
Yüzey hazırlığı uygulanan 4 ana gruptan alınan ve yüzey pürüzlülüğünü 2 boyutlu ve 3 boyutlu kantitatif ve kalitatif topografik görüntülemesi Atomic Force Microscopy (AFM) ile elde edilmiş olup elde edilen yüzey görüntüleri ve ilgili yorumları aşağıdaki gibi katagorize edilerek verilmektedir.

4.6.1. Tribokimyasal silika kaplama grubu:

Şekil 4-8’de Lava Ultimate yüzeyine tribokimyasal silika uygulaması sonrasında 3 boyutlu olarak AFM görüntüsü izlenmektedir. Koyu renkli alanlar derinlikleri açık renkli alanlar ise yükselteleri göstermektedir. Ölçümler 10x10 mikrometrelik alanda yapılmış olup materyal yüzeyindeki en derin ve en yüksek noktalar arasında 2.51 nm’lik yükseklik farkı izlenmektedir. Bu değer fosforik asitle yüzey pürüzlendirme grubunun pürüzlülük değerinden yüksek olup diğer gruplardan düşük olarak saptanmıştır. Materyal yüzeyi homojen olmayıp düzensiz olarak çok sayıda yükselti, girinti ve çıkıntı gözlenmektedir. Şekil 4-9 da ise örnek yüzeyinin 5x5 mikrometrelik alanda 2 boyutlu görüntüsü izlenmektedir.



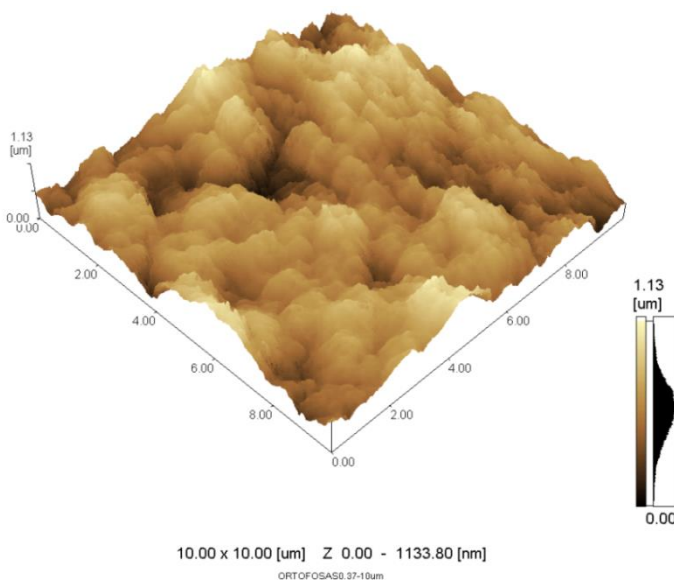
Şekil 4-8 : Tribokimyasal silika uygulanan Lava Ultimate örnek yüzeyinin AFM’de 3 boyutlu görüntüsü



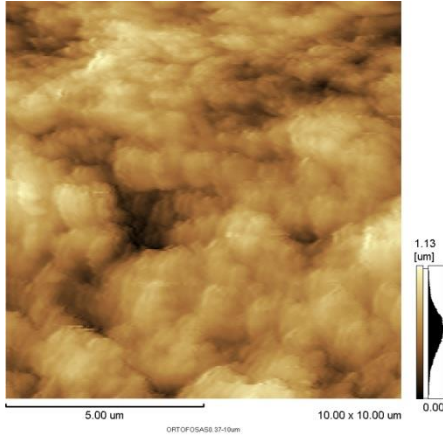
Şekil 4-9:Tribokimyasal silika uygulanan Lava Ultimate yüzeyinin AFM’de 2 boyutlu görüntüsü

4.6.2. Fosforik asitle pürüzlendirme grubu:

Şekil 4-10 ‘de Lava Ultimate yüzeyine fosforik asit uygulanarak yapılan yüzey hazırlığı sonrasındaki 3 boyutlu AFM görüntüsü izlenmektedir. Ölçümler 10x10 mikrometrelik alanda yapılmış olup koyu renkli alanlar derinlikleri açık renkli alanlar ise yükseltileri göstermektedir. Materyal yüzeyindeki en derin ve en yüksek noktalar arasında 1.13nm’lik yükseklik farkı izlenmektedir. Bu değer diğer yüzey hazırlık grupları içerisinde en düşük olanıdır. Materyalin yüzeyde çok fazla girinti çıkıntı ve düzensizlik görülmemektedir. Şekil 4-11 da ise örnek yüzeyinin 5x5 mikrometrelik alanda 2 boyutlu görüntüsü izlenmektedir.



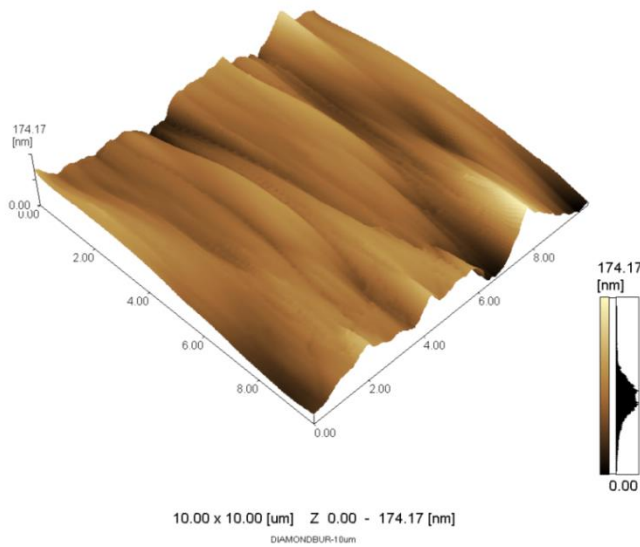
Şekil 4-10: Fosforik asit kullanılarak yüzey pürüzlendirilmesi yapılan Lava Ultimate yüzeyinin AFM’de 3 boyutlu görüntüsü



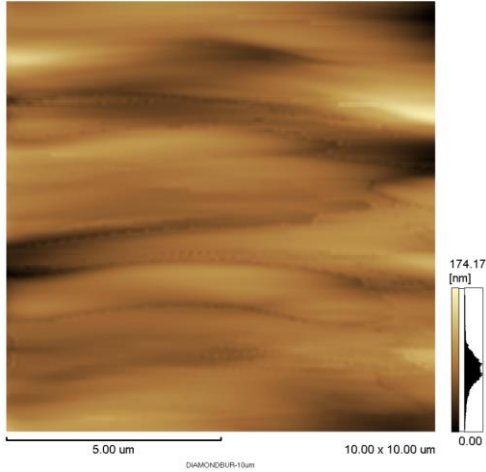
Şekil 4-11: Fosforik asit kullanılarak yüzey pürüzlendirilmesi yapılan Lava Ultimate yüzeyinin AFM’de 2 boyutlu görüntüsü

4.6.3. Elmas frez ile pürüzlendirme grubu:

Şekil 4-12’de Lava Ultimate yüzeyine elmas frez uygulanarak yapılan yüzey hazırlığı sonrasındaki 3 boyutlu AFM görüntüsü izlenmektedir. Ölçümler 10x10 mikrometrelik alanda yapılmış olup koyu ve açık renkli alanlar arasında yükselti farklılığı dikkat çekmektedir. Materyal yüzeyindeki en derin ve en yüksek noktalar arasında 174.17nm’lik yükseklik farkı izlenmekte olup bu değer diğer yüzey hazırlık gruplarında gözlenen değerlerden en yüksek olanıdır. Ayrıca materyal yüzeyinde oldukça farklı yükseltiler gözlenmiş olup kullanılan elmas frezin şekliyle bağlantılı olarak yüzey girinti,çıkıntılı ve dalgalı bir şekilde oldukça pürüzlüdür. Şekil 4-13’de ise örnek yüzeyinin 5x5 mikrometrelik alanda 2 boyutlu görüntüsü izlenmektedir.



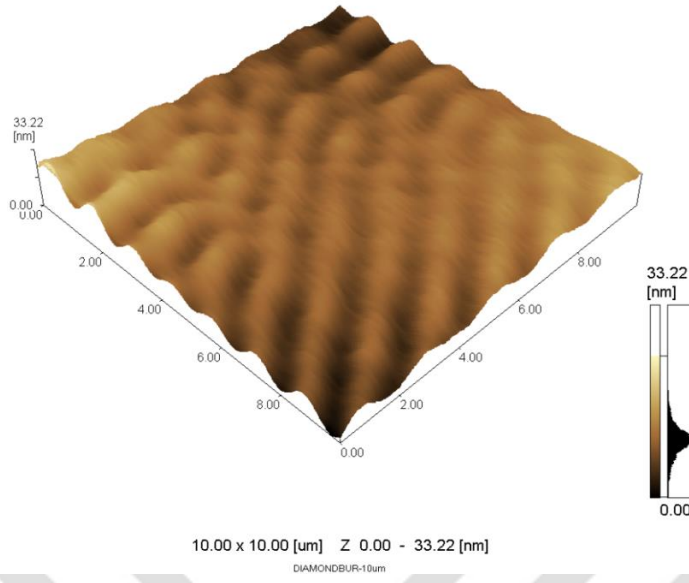
Şekil 4-12: Elmas frez kullanılarak yüzey pürüzlendirilmesi yapılan Lava Ultimate yüzeyinin AFM’de 3 boyutlu görüntüsü



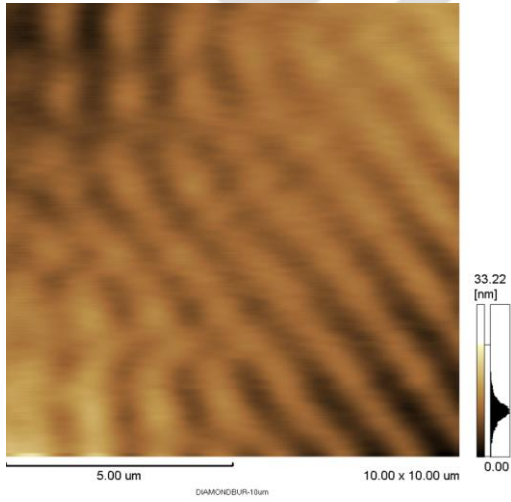
Şekil 4-13: Elmas frez kullanılarak yüzey pürüzlendirilmesi yapılan Lava Ultimate yüzeyinin AFM’de 2 boyutlu görüntüsü

4.6.4. Elmas frez ve fosforik asitle pürüzlendirme grubu:

Şekil 4-14 ‘de Lava Ultimate yüzeyine elmas frez ve fosforik asit uygulanarak yapılan yüzey hazırlığı sonrasındaki 3 boyutlu AFM görüntüsü izlenmektedir. Koyu renkli alanlar derinlikleri açık renkli alanlar ise yükselteleri göstermektedir. Ölçümler 10x10 mikrometrelik alanda yapılmış olup en derin ve en yüksek noktalar arasındaki farkın 33.22 nm olduğu gözlenmiştir. Bu değer elmas frezle pürüzlendirme grubunun değerinden düşük olup diğer yüzey hazırlık gruplarına göre yüksektir. Numune yüzeyinde düzenli çok sayıda, farklı yükseklikte ve sıkı sıkıya yerleşmiş tepe oluşumları vardır. Şekil 4-15’ da ise örnek yüzeyinin 5x5 mikrometrelik alanda 2 boyutlu görüntüsü izlenmektedir.



Şekil 4-14: Elmas frez ve fosforik asit kullanılarak yüzey pürüzlendirilmesi yapılan Lava Ultimate yüzeyinin AFM’de 3 boyutlu görüntüsü



Şekil 4-15: Elmas frez ve fosforik asit kullanılarak yüzey pürüzlendirilmesi yapılan Lava Ultimate yüzeyinin AFM’de 2 boyutlu görüntüsü

5. TARTIŞMA

Günümüz diş hekimliği alanındaki teknolojik innovasyonun beraberinde getirdiği adeziv dental materyallerdeki gelişmeler adeziv diş hekimliğini restoratif diş hekimliğinin ayrılmaz bir parçası haline getirmiştir. Restoratif diş tedavisi uygulamalarında geniş endikasyon alanına sahip adeziv restorasyonlar diş sert dokularına daha kuvvetli bağlanma potansiyeline sahip yeni jenerasyon adeziv materyaller sayesinde sağlıklı diş dokularının korunmasına imkan sağlayan, minimal invaziv diş hekimliği uygulamalarını da arttırmaktadır (Alt 2011).

Hastaların artan estetik kaygısı ve talebinin yanı sıra gerek sağlıklı dokuların daha fazla korunabilmesi prensibine dayanan yaklaşımın öneminin artması bununla birlikte amalgama alternatif materyal arayışı günümüzde diş rengi materyallerin çok daha sıklıkta kullanımını da beraberinde getirmektedir. Kompozit reçinelerin civa içermemeleri, diş dokularının maksimum düzeyde korunmasına olanak sağlamaları, adeziv sistemlerle diş dokularına bağlanabilmeleri, seramiklere göre daha ucuz maliyetleri, termal iletkenliklerinin düşük olması, estetik görünümleri ve geliştirilmiş mekanik özellikleri sayesinde restoratif diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak özellikle arka bölge diş sert doku kayıpları göz önünde bulundurulduğunda, dişeti altına kadar ilerlemiş çürüklerin varlığında, izolasyonun sağlanamadığı durumlarda, bruksizm gibi okluzal stresin aşırı olduğu parafonkiyonlara sahip olgularda, sentrik temas noktaları kavite sınırları içinde kalan geniş Sınıf I ve II kaviterlerde direk teknikle uygulanan kompozit reçine restorasyonlarının klinik performansının başarısını tehdit altına alabilmektedir (Craig 2000; Robertson 2012; Dayangaç 2000). Direk kompozit restorasyonlar, kompozit reçine materyallerinin polimerizasyon büzülmesi ve artık monomer faktörüne bağlı olarak ortaya çıkabilen postoperatif hassasiyet, sekonder çürük, mikrosızıntı ve restorasyon kenarlarında görülen marjinal renkleşme ve uyum bozuklukları gibi uzun dönem komplikasyonlara neden olabilmektedirler (Hickel ve ark. 1998).

Son on yılda kullanılan materyallerin mekanik özelliklerinin artması ve üretim teknolojilerindeki gelişimlerine bağlı olarak indirek dental restorasyonların kullanımında artış meydana gelmiştir (Awada ve Nathanson 2015).

Arka bölge dişlerin restorasyonunda uzun yıllar başarılı klinik performans sergileyebilen geleneksel restoratif materyallerden amalgamın günümüzde büyük tartışma konusu olan civa içeriğinden dolayı kullanımının kısıtlanması, direk kompozit reçine restorasyonların daha fazla klinik pratiğine girmesi sonucunu doğurmaktadır. Her ne kadar günümüzde çevre kirliliği açısından büyük tehdit oluşturan civa kullanımının azaltılmasını veya civa içeren tüm ürünlerin kullanımının ortadan kaldırılmasını hedefleyen Minamata Sözleşmesi kabul edilmiş olsa da, amalgam kullanımının ancak koruyucu temelli tedaviler ile diş çürüklerinin azaltılmasının primer hedeflendiği ve akabinde amalgam kullanımının aşamalı olarak azaltılması amaçlanmaktadır. (Robertson 2006; Erdemir ve ark. 2014). Oysa ki günümüz kompozit materyallerinin mekanik özelliklerinin halen amalgam restoratif materyali kadar mekanik üstünlük ve stabiliteye sahip olmaması, polimerizasyon büzülmesine bağlı ortaya çıkabilen komplikasyonlarının varlığı gibi dezavantajları da beraberinde getirmektedir. Tüm bu dezavantajların ortadan kaldırılması ancak arka bölge dişlerde geniş hacimli madde kayıplı dişlerde indirek restorasyonların tercih edilmesi mümkün olabilmektedir. Bu durumda ağız içinde oluşan polimerizasyon büzülmesini minime indirgenerek restorasyonun proksimal konturlarının ideal bitirilmesine imkan sağlanır, materyalin artan fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlı olarak uzun dönemde restorasyonun marjinal adaptasyonunun korunmasını sağlanabilir. Diğer bir deyişle uzun yıllar başarılı klinik performans sergileyen amalgam materyalinin yerini alabilecek alternatif materyal seçeneklerini ancak indirek teknikle kullanılabilecek reçine veya seramik esaslı materyaller seçeneklerin oluşturabileceği öne sürülmektedir (Leinfelder ve ark. 2005; Manhart ve ark.2000).

Günümüzde bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim teknolojisini kullanan CAD/CAM (Computer aided design/ Computer aided manufacturing) sistemlerle üretilen dental materyaller yüksek nitelikli özelliklerinden dolayı indirek restorasyon materyalleri olarak sıklıkla kullanılmaktadırlar (Edelhoff ve ark. 2012). CAD/CAM sistemler; geleneksel ölçü alma yöntemlerini elimine ederek bekleme süresini kısaltması, tek seanslık uygulamaları sayesinde hasta ve hekim açısından zaman tasarrufu sağlaması, restorasyonların hata potansiyellerini minimuma indirmesi gibi pek çok avantaja sahiptirler (Alt 2011; Karaalioğlu 2008). Dental restorasyonlar için kullanılan CAD/CAM bloklar, mekanik ve fiziksel özellikler açısından kompozit reçinelerle karşılaştırıldığında yüksek aşınma direncine sahip olması, restorasyonda

gözlenen çatlakların ve renkleşmenin daha az olması gibi avantajlara sahiptir (Poticny 2010; Stawarczyk ve ark. 2012). CAD/CAM teknolojisiyle birlikte kullanılan bloklar yitrum stabilize zirkonya bloklardan, feldspatik porselen, cam seramik ve reçine kompozit bloklara kadar çok çeşitlilik göstermektedirler (Şahin ve ark. 2009).

CAD/CAM sistemlerle birlikte kullanılan seramik blokların avantajları yanında oldukça sert ve güçlü materyaller olması, kırılma olma, karşıt dişte aşınmaya sebep olması ve tamir edilmesinin zor olması gibi dezavantajları bulunmaktadır (Cekic-Nagas ve ark.2016; Ruse ve ark. 2014). CAD/CAM seramik blokların dezavantajlarını ortadan kaldırmak için ‘hibrit’ olarak adlandırılan ve dağınık doldurucu kompozit reçine materyalini de kombine olarak kullanıldığı bloklar kullanıma sunulmuştur (Ruse &Sadoun 2014).

Diş hekimliğinde kullanılan materyallerin dayanıklılığını değerlendirmek için *in-vivo* ve *in-vitro* çalışmalar yapılmaktadır (Pashley ve ark 1999 b). Klinik çalışmalar, kullanılan materyallerin klinik performanslarının değerlendirilmesinde ve klinik koşullara uygun yeni materyallerin geliştirilmesinde oldukça uygun yöntemler olmasına karşın maliyeti oldukça yüksek, zahmetli, zaman alıcı ve hasta faktörüne bağlı olarak takibi zor çalışmalardır (Nikaido ve ark. 2002). *In vitro* çalışmalar ise hızlı, yapılması daha kolay ve maliyeti düşük çalışmalar olup, standardizasyon gerçekleştirildiği takdirde güvenilir sonuçların elde edildiği çalışmalardır. Bir çok literatür, *in vitro* çalışmaların materyallerin klinik performansının tahmin edilmesinde ve bunların geliştirilmesinde etkili bir yöntemle sahip olduğunu ileri sürmektedir (Van Meerbeek ve ark. 2003). Çalışmamız yukarıda anlatılan nedenlerden dolayı *in-vitro* laboratuvar araştırması olarak planlanmıştır.

In vitro çalışmalarda ağız içi koşullarda oluşan biyolojik ve fizyolojik durumu taklit etmek amacıyla bekleme ile yaşlandırma, termal siklus (ısısal çevrim işlemi), mekanik yükleme gibi metotlar sıklıkla uygulanmaktadır. Çalışmalarda termal siklus işlemi en sık uygulanan yaşlandırma metodu olup, örnekler farklı sıcaklık değerlerindeki banyolarda periyodik olarak belirli sürelerde ve siklus sayılarında daldırılarak uygulanmaktadır (Wegner ve ark. 2002). Bu yöntem, sıcak ve soğuk maddelerin dişlere etki etmesini taklit eder ve diş-restoratif materyal arasındaki doğrusal termal genleşme katsayısının ilişkisini gösterir (El Araby ve ark. 2007).

Termal siklusun etki mekanizması iki yolla oluşmaktadır. Sıcak su, reçinenin hidrolizini hızlandırıcı etki gösterir, su alımı ve yıkım ürünlerinin veya zayıf polimerize

olmuş reçine oligomerlerinin atılmasına neden olur (Hashimoto ve ark. 2000; Ayaz ve ark. 2011). Restoratif materyalin diş oranla yüksek büzülme/genleşme katsayılarından dolayı tekrarlayan büzülme ve genleşmeler diş ile materyal ara yüzü boyunca çatlakların oluşmasına neden olur (Gale ve ark. 1999).

Termal siklusta materyale uygulanan ısı 0-68 °C olarak çeşitlilik göstermektedir (Shortall 1982). Bu ısı aralığı alt limit olarak suyun donma derecesini, üst limit olarak da buharlaşma sıcaklığının yarısına yakın değerleri temel olarak kabul etmektedir (Palmer ve ark. 1992). Yapılan çalışmalarda oral termal toleransın 4-60 °C arasında olduğu tahmin edilmektedir (Nelsen ve ark 1952, Morley ve ark. 1977).

Palmer ve ark. dişin maruz kaldığı sıcaklık değişimleri ve normal yemek yeme alışkanlıkları arasındaki ilişkiyi değerlendirdikleri çalışmalarında diş yüzeyindeki en düşük sıcaklığın 0 °C olduğunu bulmuşlar, yiyecek ve içeceklerin erimiş buzdan daha soğuk olmadığını ifade etmişlerdir (Palmer ve ark. 1992).

Plant ve ark. ise yaptıkları çalışmalarında 50-55 °C sıcaklık değerinin ağız için tolere edilebilir bir değer olduğunu saptamışlardır (Plant ve ark. 1974). ISO standartlarına göre 5-55 °C arası termal siklus için ideal ısı aralıklarıdır (ISO 2003).

Literatürde termal siklus metodolojisine bir standart getirilememiştir. Uygulanan banyonun sıcaklığı, tipi, daldırma zamanı ve banyolar arası transfer zamanında farklılıklar görülmektedir (Hakimeh ve ark. 2000; Gale ve ark. 1999).

Literatürde termal siklus sayısının 100 ile 50000 arasında değişiklik gösterdiği çalışmalar bulunmakla beraber yine literatürlerde bu sayı 50 ile 30000 arasında değişiklik göstermektedir (Schmid-Schwap ve ark. 2011). Ağız içine uygulanan bir materyalin 1 yıllık kullanımına denk gelen siklus sayısı 10000 olup in-vitro çalışmalar içinde en çok uygulanan sayıdır (Gale ve ark.1999). Leibrock ve ark.'nın yaptıkları çalışmanın sonucu ise, 5-55 °C arasında ve 6000 ile 12000 termal siklus uygulamasının sonuçlarının benzer olduğudur (Leibrock ve ark. 1999).

Filho ve ark.'nın reçine siman ile alüminöz porselen arasında bağlanma dayanımında termosiklusun etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında; birinci grubu 14 gün 37°C distile suda bekletmişler, ikinci grubu 5°C - 55°C aralığında 6000 termal siklus uygulamış üçüncü ve son gruba ise 5°C - 55°C 12000 termal siklus uygulaması yaptıktan sonra artan siklus sayısı ile bağlanma dayanımının negatif yönde etkilendiğini rapor etmişlerdir (Filho ve ark. 2005). ISO standartlarına göre termal siklus sayısı 500

sikl s olarak tavsiye edilmektedir (ISO 2003). Literatürde en sık rastlanan daldırma süresi ise 15-120 sn arasında değişmektedir.

Yukarıdaki bilgiler ışığında gerek literatürde benzer metodolojiye sahip çalışmalar gerek ISO standartları göz önüne alındığında çalışmamızda test edilecek numuneler hazırlanmayı takiben numunelere 5 ± 2 - 55 ± 2 C  arasında, 30 saniyelik daldırma süresi ve kaplar arasında transfer zamanı 3 saniye olacak şekilde 1000 defa termal sikl s işlemi uygulanmıştır.

Bizim  alışmamızda reçine nanoseramik (RNC) olarak adlandırılan, kompozit ve seramik karışımı yeni bir hibrit materyal olan Lava Ultimate kullanılmıştır. Lava Ultimate'in nanoseramik materyal içeriğini, ağırlığının %80'ini nano bek (nanocluster) doldurucular ve 20 nanometre çapında silika partikülleri ve 4-11 nanometre çapında değişen zirkon partiküllerinden oluşan nanomerler meydana getirmektedir. Nano bekler blok içerisinde büyük oranda dayanıklılık, aşınma ve kırılma direnci sağlayarak yapısal bütünlüğünü oluştururlar. Materyal çok iyi cilalanabilme ve estetik özelliklere sahiptir (3M Espe 2011; Stawarczyk ve ark. 2012; Park ve Choi 2016).

Günümüzde klinik diş hekimliğinde etch&rinse ve self-etch adezyon stratejilerine sahip dentin bağlayıcılar sıklıkla kullanılmaktadır. Bu alandaki materyallerdeki gelişmeler çerçevesinde bu alandaki teknik inovasyonlar farklı diş dokuları ve materyallerde bu bağlayıcıların eşit bağlanma dayanımı ile bağlanmasını sağlamak ve her iki yola da hekimlerin kolaylıkla uygulayabilecekleri bağlayıcılar olarak multi-mode bağlayıcı sistemler geliştirilmiş ve bu sistemlere universal bağlayıcı sistemler adı verilmiştir (Hanabusa ve ark. 2012; Perdigao ve ark. 2012; Barutçugil ve ark. 2013).

Universal bağlayıcı ajanlar diş dokusuna bağlanmalarının yanında; çoğunun yapısında yer alan 10-MDP fonksiyonel monomeri ve modifikasyonları sayesinde yapısında metal veya zirkon içeren materyallere de bağlanma kapasitesine sahiptirler (Seabra ve ark. 2014; Amaral ve ark. 2014).

Scotchbond Universal (3M ESPE, Seefeld, Germany) ve Futurabond U (VOCO, Cuxhafen, Germany) iki farklı universal bağlanma ajanı olup Scotchbond Universal yapısında 10-MDP monomeri, Futurabond U ise modifiye 10-MDP monomeri içermektedirler. Scotchbond Universal yapısındaki fonksiyonel monomerin yanı sıra silan da içermektedir. Substrat uygulamasının çok yönlü olmasından dolayı, universal adeziv sistemler indirek restorasyonların ağız içi tamirinde kullanılmaktadırlar ve içerik olarak farklı materyalleri birbirine bağlamada pratik birer alternatiftirler (Amaral ve ark.

2014). Universal adeziv sistemlerin farklı indirek restorasyonlarda kullanımı ve uzun dönem dayanıklılıklarını gösteren çalışmalar oldukça kısıtlıdır. (Makishi ve ark. 2016).

Reçine esaslı hibrit bir materyal olan yapısında zirkon partikülleri ve nanoöbeklerin silan bağlayıcı ajanı ile bulunduran nanoseramik reçine Lava Ultimate materyalinin farklı yüzey hazırlıklarını takiben kompozit reçine ile tamirinde universal adezivlerin mikrogerilim bağlanma direncini değerlendirmeyi planladığımız tez çalışmamızda MDP monomeri ve silan içeren universal adeziv Scotchbond Universal ve yapısında sadece MDP içeren Futurabond U ve kontrol grubu olarak etch&rinse bağlayıcı ajan olan Adper Single Bond 2 kullanılmıştır.

Universal bağlayıcı ajanların bağlanma etkinliğinin etch&rinse bağlayıcı ajanlardan daha yüksek olacağı; silan uygulamasının bağlanma değerinde artışa neden olacağı dentin bağlayıcı farklılığının yanı sıra farklı yüzey hazırlık tekniklerinin tamir potansiyelini etkileyeceği ve ilave silan kullanımının mikrobeğlenme değerlerini arttıracığı yönündeki hipotezimiz ise universal bağlayıcıların kullanımı ile daha yüksek sonuçların elde edilmesi açısından kabul edilmiş olup silan uygulanmasının ise farklı yüzey hazırlığı ve adezivler ile kombine kullanılması sonucu elde edilen değerlerin değişkenlik göstermesinden dolayı kısmen kabul edilmiştir.

Literatürde Lava Ultimate materyalinin universal adeziv sistemler kullanılarak bağlanma dayanımının test edildiği çalışmalar mevcuttur (Stawarczyk ve ark. 2015; Zaghloul ve ark. 2014). Stawarczyk ve ark. Lava Ultimate bloklara yüzey hazırlığı uygulayıp universal bağlayıcı olarak Scotchbond Universal, Futurabond U ve One Coat Bond bağlayıcı ajanlarını kullanarak yaptıkları çalışmalarının sonucunda Lava Ultimate materyalinin bağlanma dayanımında artış gözlemlemişlerdir (Stawarczyk ve ark. 2015). Biz de çalışmamızda Stawarczyk ve ark. nın çalışmalarında kullandıkları materyallerin daha genişletilmiş ve farklı yüzey hazırlıklarını takiben kullandığımız Scotchbond Universal($54,82 \pm 6,73$ MPa) ve Futurabond U($44,39 \pm 7,25$ MPa) adezivleri ile istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artan mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerini saptatık. Bu veriler sonucunda söz konusu çalışma ile uyumlu şekilde universal bağlayıcıların bağlanma değerlerini arttırdığı görüşünü desteklemekteyiz.

Adeziv diş hekimliği alanındaki yeni gelişmelere paralel olarak restorasyonların ağız içi tamiri minimal invaziv diş hekimliğinin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Büyük bir emek ve para harcanarak gerçekleştirilen restorasyonda meydana gelen

kırıklar hem hasta hem de diş hekimi açısından estetik ve fonksiyonel olarak ciddi bir problem teşkil etmektedir. Bu yüzden restorasyonların tamirinde kalan sağlam diş yapısının korunması için alternatif tamir methotları araştırmak oldukça önemlidir (Al-Thagafi ve ark. 2016). CAD/CAM bloklardan yapılan restorasyonlarda meydana gelen kırık ve materyaldeki kayıplar restorasyonun ağızda kalabilme süresini azaltarak uzun dönemde kullanılabilmesini engellemektedir (Stawarczyk ve ark. 2015). Son yıllarda tüm restorasyonun ağızdan çıkarılmadan ağız içi doğrudan tamirinde minimal invaziv diş hekimliği açısından oldukça yararlı sonuçlara ulaşılmıştır. Restorasyonların ağız içi tamiri restorasyona ve dental dokulara travmanın önlenmesi ve korunmasını sağlayarak indirek restorasyonların daha uzun ömürlü olmasını sağlarlar (Özcan ve ark. 2009; Erdemir ve ark. 2014).

İndirek restorasyonların klinik koşullarda ağız içi tamir protokolü olarak, kırık yüzeyine yüzey hazırlığı uygulanması ve düşük maliyet, iyi estetik, kolay uygulanabilme özellikleri sayesinde klinik pratiğinde yaygın olarak kullanılan kompozit reçineler ile tamir yöntemi tercih edilmelidir. (Robbins 1997; Fabianelli ve ark. 2010; Panah ve ark. 2008).

Literatürlerde çeşitli tamir protokolleri önerilmektedir. Bu protokoller tamir edilen reçine kompozitin adezyon kapasitesini arttırarak tamir edilen materyalin yüzeyini değiştirmeyi amaçlar. Yüzeyde bağlanmayı güçlendirecek, yüzey pürüzlülüğünü arttıracak, substrat yüzey enerjisini değiştirecek mekanik değişiklikler, tamir edilecek restorasyon kırık yüzeyinin alüminyum oksit partikülleri ile air abrazyonu, frezle pürüzlendirilmesi veya bunu takiben yüzeydeki kimyasal değişiklik oluşturmak üzere yüzeyin ortofosforik asit veya hidroflorik asit uygulanması ile mümkündür. Restorasyonun tamir edilecek yüzeyinde fizikomekanik değişiklikler ise tribokimyasal silika uygulamasıyla yapılmaktadır (Blum ve ark. 2012; Lucena-Martín ve ark. 2001; Özcan ve ark. 2009; Brentel ve ark. 2007; Özcan 2002; Kukiattrakoon 2012).

İndirek estetik restorasyonların ağız içi tamirinde, tamir edilen materyalin yüzey yapısını modifiye etmek amacıyla silan bağlayıcı ajan kullanımının bağlanmayı olumlu yönde arttıracak birçok çalışmada gösterilmektedir (Zaghloul ve ark. 2014; Peumans ve ark. 2016). Silan bağlayıcı ajanlar tamir edilecek restorasyonun yüzeyine uygulandığında yüzey gerilimini azaltıp, ıslanabilirliği ve yüzey enerjisini arttırarak reçine ile etkin bir adezyon sağlarlar. Pürüzlendirilmiş seramik yüzeyine uygulanan

silan bağlayıcı ajanlar; seramik yüzeyi ve kompozit reçine arasında kimyasal bağlantı sağlayarak ya da seramik yüzeyini ıslatarak, reçinenin pürüzlendirilmiş seramik yüzeyindeki mikrotutucu bölgelere akışını ve adaptasyonunu kolaylaştırmaktadır (Gerçek ve ark. 2012). Silan bağlayıcı ajanlar; indirek cam seramik restorasyonlar, kompozit reçine-inorganik yüzeyler gibi alanlarda kimyasal bağlantı sağlayarak adezyonu arttıırırlar (Zaghloul ve ark. 2014; Matinlinna ve ark.2007; Lung ve ark. 2012).

CAD/CAM seramik blokların reçine kompozit materyali ile tamirinde yüzey hazırlığı uygulaması sonrasında silan bağlayıcı ajan kullanımı ve dentin bağlayıcı ajan uygulaması tavsiye edilmektedir. CAD/CAM seramik ve kompozit reçine arasındaki bu tamir protokolleri CAD/CAM reçine bloklar için de geçerlidir (Hickel ve ark. 2013).

Literatürde seramik restorasyonların ağız içi tamiri ile ilgili oldukça fazla sayıda çalışma olmasına karşın, CAD/CAM reçine seramik hibrit materyallerinin ağız içi tamiri ve yüzey hazırlıklarıyla ilgili sınırlı sayıda çalışmalar vardır (Neis ve ark. 2015; Colares ve ark. 2013; Ozcan ve ark. 2009; Güngör ve ark. 2016; El-Saka 2015). Bu açıdan tez çalışmamızın oldukça yararlı olacağı kanısındayız.

CAD/CAM seramik ve kompozit reçine arasında optimal ve uzun süreli bir bağlantı elde etmek için yüzey hazırlıkları olarak; elmas frezle pürüzlendirme, tribokimyasal silika kaplama, kumlama, alüminyum oksit ile air abrazyon, hidroflorik asit ile kimyasal etching, lazer uygulaması ve bu tekniklerin kombinasyonu önerilmektedir (Erdemir ve ark. 2014; Panah ve ark. 2008; Saraçoğlu ve ark. 2004; Saraç ve ark. 2013; Yavuz ve ark. 2013; Kiyan ve ark. 2007). Sattabanasuk ve ark. 2016 yılında yaptıkları çalışmalarında cam seramiklerin tamirinde mekanik ve kimyasal yüzey hazırlıklarının reçine adezyonuna etkisini değerlendirmişlerdir. Lösitle güçlendirilmiş cam seramik yüzeylere (IPS Empress Estetic) 320 gritlik silikon karbit ile zımparalama sonrası yüzeyi fosforik asit kullanarak temizlemişlerdir. Numuneleri HF asit uygulanan ve HF asit uygulanmayan olarak iki gruba ayırmışlardır. Takiben bu iki grubu da silan uygulanan ve silan uygulanmayan olarak ikiye ayırıp mekanik ve kimyasal olarak yüzey hazırlıkları uygulamışlardır. Sonrasında bağlayıcı ajan olarak da konvansiyonel (Adper Scotchbond Multi-Purpose) ya da universal (Scotchbond Universal) adezivleri kullanarak seramik yüzeylerini kompozit reçine (Filtek Z350) ile tamir etmişlerdir. Yapılan makaslama testi sonucuna göre hem mekanik hem de kimyasal yüzey hazırlığının reçine-seramik bağlantısında önemli bir role sahip olduğu

saptanmıştır. Ayrıca silanın cam seramik yüzeylerin reçine ile adezyonunda kullanılması gerektiği rapor edilmiştir (Sattabanasuk ve ark. 2016). Re ve ark. çalışmasında da mekanik ve kimyasal yüzey hazırlıklarının kullanıldığı durumlarda mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin yüzey hazırlıklarının tek başına kullanıldığı durumlardan daha yüksek olarak rapor edilmiştir (Re ve ark. 2015). Bizim çalışmamızda da mekanik yüzey hazırlığı olarak fosforik asit ile yüzey pürüzlendirme grubunda bağlayıcı ajan olarak kullanılan Adper Single Bond 2, Scotchbond Universal ve Futurabond U uygulanan gruplarda mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin bu bağlayıcı ajanlara silan ilave edilerek elde edilen mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin istatistiksel olarak daha yüksek olduğu saptanmıştır. Çalışmamız içerisindeki gruplardan mekanik yüzey hazırlığı olarak uygulanan elmas frezle yüzey pürüzlendirme grubunda da Adper Single Bond 2 ve Futurabond U'nun ilave silanla uygulanan gruplarında mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin istatistiksel olarak arttığı saptanmıştır. Elmas frezle yüzey pürüzlendirilmesini takiben fosforik asit uygulanan grupta da sadece Adper Single Bond 2'nin ilave silanlı grubunun mikrogerilim bağlanma dayanım değerinin silansız uygulanan gruptan istatistiksel olarak yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgulara dayanarak Sattabanasuk ve ark.'nın ve Re ve ark.'nın çalışmalarına paralel olarak bizim çalışmamızda da mekanik yüzey hazırlığı yapılan gruplarda kimyasal yüzey hazırlığı olarak ilave silan uygulaması durumunda mikrogerilim bağlanma dayanımının arttığını gözlemledik.

İndirek restorasyonların uzun dönem klinik başarısında yüzey hazırlık işlemleri restorasyonun dişe bağlanmasını sağlayan önemli etmenlerdendir (Çekic-Nagas ve ark. 2016; Frankenberger ve ark. 2015). Kullanılacak yüzey hazırlığı yönteminin belirlenmesinde materyal içeriği dikkate alınmalıdır. Kompozit CAD/CAM materyalleri inorganik cam fazı ve çapraz bağlı ya da lineer polimer olan matriks fazı olmak üzere 2 fazdan oluşmaktadır. Çapraz bağlı polimerlerin bağlanması lineer yapıya göre daha zor olmaktadır. Bundan dolayı çapraz bağlı indirek restoratif reçine materyalinin tamirinde yüzey hazırlığı uygulanması oldukça önemlidir (Cekic-Nagas ve ark. 2016). Yüzey hazırlık işlemleri sonrasında oluşan yüzey pürüzlülüğü adezyon materyalinin bağlanması için yüzey alanını ve yüzeyin ıslanabilirliğini artırır. İndirek restorasyonlarda yüzeyin pürüzlendirilmesi mekanik retansiyon için önemlidir. Yüzey hazırlığı uygulamaları, materyal yüzeyinde mikromekanik porözite yaratır ve restorasyon-reçine materyali arasındaki kimyasal ve mikromekanik bağlantıyı sağlamak

için temiz bir yüzey oluşturur. Güçlü bir reçine bağlantısı restorasyon ve kullanılan materyal arasındaki kimyasal adezyona bağlıdır ve uygulanan yüzey pürüzlendirme işlemi de mikromekanik bir kilitlenme sağlar. Buna bağlı olarak bağlanma materyallerinin etkili olabilmesi için de yüzey alanının içinde rezidüel karbon bağı bulunma olasılığını arttırır (Erdemir ve ark. 2014; Thompson ve ark. 2011; Amaral ve ark. 2014; Park ve ark. 2016). Erdemir ve ark. 2014 yılında yaptıkları çalışmalarında yüzey hazırlık işlemlerinin yüzey pürüzlülüğüne olan etkinliğini değerlendirmişlerdir. CAD/CAM lityum disilikat seramik materyalini yeni self adeziv akışkan kompozit reçine materyaliyle tamiri sonrasında makaslama dayanımını araştırmışlardır. Yüzey hazırlığı olarak kontrol grubu, tribokimyasal silika uygulaması (Cojet), HF asit, Er-YAG lazer ve elmas frezle pürüzlendirme metotlarını uygulamışlardır. Yüzey pürüzlülüğünü AFM ile değerlendirmişlerdir. Makaslama bağlanma dayanımı testine göre yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre ağız içi tamirde kullanılan yüzey hazırlık metotlarının yüzey hazırlığı uygulanmayan kontrol grubuna göre yüzey pürüzlülüğünde artışa sebep olduğunu rapor etmişlerdir. HF asit uygulaması ve elmas frezle pürüzlendirme diğer yüzey hazırlığı gruplarına göre yüzey pürüzlülüğünü arttırdığı sonucuna varmışlardır (Erdemir ve ark. 2014). Bizim çalışmamızda da Erdemir ve ark.'nın çalışmasına paralel olarak Lava Ultimate materyalinde elmas frezle yüzey pürüzlendirme grubunun mikrogerilim bağlanma dayanım değerinin Adper Single Bond 2 grubunda $38,45 \pm 5,36$ MPa, Scotchbond Universal grubunda $52,42 \pm 8,46$ MPa, Futurabond U grubunda ise $44,39 \pm 7,25$ MPa olarak kaydedilmiş olup bu değerler tribokimyasal silika kaplama ve elmas frezle yüzey pürüzlendirmeyi takiben fosforik asit uygulaması ile yüzey pürüzlendirme yüzey hazırlık gruplarına göre istatistiksel olarak yüksek bulunmuştur. Fosforik asitle yüzey pürüzlendirme grubunun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin Adper Single Bond 2 grubunda $12,49 \pm 6,03$ MPa, Scotchbond Universal grubunda $25,91 \pm 5,15$ MPa, Futurabond U grubunda ise $27,22 \pm 7,23$ MPa olduğu saptanmış ve bu değerlerin tüm yüzey hazırlık grupları içerisinde en düşük mikrogerilim bağlanma dayanımını verdiği bulunmuştur. Her iki çalışma sonucunda elde edilen bağlanma dayanım değerlerinin farklılıklarının kullanılan substrat ve adezivlerin farklılığından kaynaklandığını bildirmek isteriz.

Reçine siman-restorasyon materyali arasındaki bağlantıyı arttırmak için kimyasal ve mikromekanik retansiyon sağlayan yüzey hazırlık işlemleri önerilmektedir. Genel olarak adeziv reçine sistemlerin restoratif materyale bağlantısını arttırmak için

uygulanan yüzey hazırlık işlemleri aynı şekilde restorasyonların tamiri için de kullanılmaktadır (Elsaka 2014 ; Lise ve ark. 2015; Cekic-Nagas ve ark. 2016).

Güngör ve ark. 2016 yılında yaptıkları Vita Enamic, GC Ceracmart ve Lava Ultimate’ında dahil olduğu 3 farklı CAD/CAM reçine seramik hibrit materyallerini termal siklus uygulanan ve uygulanmayan gruplar olarak 2’ye ayırmışlar takiben kontrol grubu, alimünyum oksit ile air abrazyon, yeşil bantlı elmas frezle pürüzlendirme, HF asit ve silanla farklı yüzey hazırlığı işlemleri uygulamışlardır. Makaslama testi sonucuna göre yüzey hazırlığı metodlarının CAD/CAM reçine seramik hibrit materyallerinin yüzey pürüzlülüğünü arttırdıklarını rapor etmişlerdir. Lava Ultimate için yüzey hazırlık metodlarının makaslama bağlanma dayanımını arttırdığını bulmuşlardır. Ayrıca çalışmanın sonuçlarına göre elmas frezle pürüzlendirme metodu kolay ve hızlı olması dolayısıyla CAD/CAM reçine seramik hibrit materyallerinin kompozit reçineye bağlanmasında tavsiye edilen bir yüzey hazırlık metodu olduğu olarak kabul edilmektedir (Güngör ve ark. 2016). Bu çalışmaya paralel olarak bizim çalışmamızda da elmas frezle yüzey pürüzlendirme grubunun mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerinin Adper Single Bond 2 grubunda $38,45 \pm 5,36$ MPa, Futurabond U grubunda $44,39 \pm 7,25$ MPa, Silan+ Adper Single Bond 2 grubunda $45,23 \pm 8,75$ MPa, Silan+Scotchbond Universal grubunda $49,5 \pm 9,8$ MPa ve Silan+Futurabond U grubunda $51,69 \pm 9,05$ MPa olup diğer yüzey hazırlık gruplara göre yüksek kaydedilmiş olup bağlanma değerlerinde pürüzlendirme sonucu oluşan mikroretantif yüzeydeki artan pürüzlülüğün rol oynayacağının göz önünde bulundurulma gerekliliğini öne sürmektayız. Biz çalışmamızda 150 mikron gren boyutunda yeşil bantlı elmas frez kullandığımızdan ve çalışmamızda kullandığımız frezlerin aşındırıcı özelliği fazla olduğundan dolayı çalışmamızın elmas frezle pürüzlendirme sonuçlarını yüksek olarak saptatık.

Park ve arkadaşları 2016 yılında yaptıkları çalışmalarında reçine nanoseramik materyaline reçine simanın farklı yüzey hazırlık metodlarının etkilerini değerlendirmişlerdir. Lava Ultimate’a air abrazyon, hidroflorik asit ve tribokimyasal silika (Rocatec) kullanarak yüzey hazırlığı uygulamışlardır. Mikrogerilim bağlanma dayanımı testine göre yapılan yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre tribokimyasal silika uygulamasının HF asit ve air abrazyona göre Lava Ultimate’de daha yüksek yüzey pürüzlülüğü gösterdiği bulunmuştur (Park ve ark. 2016). Çalışma sonucunda elde

edilen değerlerin farklılıklarının bizim tez çalışmamızda bağlayıcı olarak adezivler kullanılırken diğer çalışmada reçine siman kullanılmış olmasına bağlamaktayız.

Çalışmamızda mekanik ve kimyasal yüzey hazırlıklarını bir arada içeren tribokimyasal silika uygulaması (Cojet) kullanılmıştır. Cojet; silika kaplama sistemi, yüzeyin silika ile modifiye alüminyum trioksit partikülleri ile air abrazyonu esasına dayanır. Silika kaplanmış alüminyum partikülleri, püskürtme basıncından dolayı porselen yüzeyine sıkıca gömülür. Bu gömülme silisyum oksitlerle olur ve bu yolla silika modifiye yüzeyler elde edilir. Silika modifiye yüzeyler reçine kompozitlere silan bağlayıcı ajanlardan daha reaktiftirler (Düzyol ve ark. 2015).

Silan yüzey kimyasalı olarak kullanıldığında reçine reaktif hale gelir. Silika partikülleri adeta yapıştırıcı bir tabaka görevi görerek tamir edilecek yüzeyi kaplar ve bu tabaka silan bağlayıcı ajan için yüksek afinite özelliğine sahiptir (Melo ve ark. 2007; Janda ve ark. 2003; Erdemir ve ark. 2014).

Silan molekülleri su ile reaksiyona girerek 3 silanol grubunu oluşturur. Silanol grupları metoksi gruplarından oluşur. Silanol grupları siloksan ağları oluşturmak için tekrar reaksiyona girerler ve silika yüzeyi ile siloksan oluştururlar. Silan molekülünün monomerik sonları reçine molekülünün metakrilat grupları ile serbest radikal polimerizasyon süreci yolu ile reaksiyona girer. Tribokimyasal silika uygulaması reçine materyal, silan, silika kaplama arasında kimyasal bir bağ oluşumuna sebep olur (Lutra ve Kaur 2015; Sun ve ark. 2000; Valandro ve ark. 2007).

Cojet ve Rocatec sistemler silika kaplama için benzer metodolojiye sahip olmalarına rağmen Cojet, metal-seramik restorasyonlarında ve reçine kompozit kullanılarak metal desteksiz seramik restorasyonların direk tamiri ve adeziv simantasyon gibi klinik prosedürler için çok elverişli bir sistemdir. Rocatec ise, laboratuvar kullanımı için geliştirilmiştir (Valandro ve ark. 2005).

Al-Thagafi ve ark. 2016 yılında yaptıkları çalışmalarında Vita Suprinity (Zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat seramik) ve IPS e.max CAD(lityum disilikat cam seramik blok) kullanarak bu materyallerin tamirinde yüzey hazırlık metotlarının etkisini değerlendirmişlerdir. CAD/CAM materyallerini yüzey hazırlığı olarak dört gruba ayırmışlardır. Bu gruplar kontrol grubu, 60 sn % 5'lik HF asit uygulamasını takiben silan uygulanan grup, 60 sn % 5'lik HF asit uygulaması+silan+Heliobond uygulanan grup ve son grup olarak da tribokimyasal silika kaplaması+silan grubudur. Daha sonra örneklere 5000 döngüde termal siklus uygulanmış ve mikrogerilim testine

tabi tutulmuştur. Çalışmanın sonucuna göre, her iki materyalde de tribokimyasal silika+silan uygulanan grupta bağlanma dayanım değerleri Vita Suprinity grubunda $33,1 \pm 2,4$ ve IPS e.max CAD grubunda $30,5 \pm 4,9$ olarak diğer gruplara göre yüksek bulunmuştur. Bu çalışmanın sonucunda ise CAD/CAM seramik yüzeylerinin Cojet uygulamasını takiben silan uygulaması sonucunda tamir bağlanma dayanımının arttığını rapor etmişlerdir.

Bizim çalışmamızda da tribokimyasal silika kaplama grubunda Adper Single Bond 2, Scotchbond Universal ve Futurabond U bağlayıcı ajanları ve bir de bunların ilave silanlı grupları oluşturulmuştur. Tribokimyasal silika kaplama+ Adper Single Bond 2 grubunun bağlanma dayanım değeri ile tribokimyasal silika kaplama+Silan+ Adper Single Bond 2 grubunun bağlanma dayanım değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamış olup bu değerler tribokimyasal silika kaplama grubu içerisinde mikrogerilim bağlanma dayanım değerleri olarak en düşük değerlerdir. Bunun nedenini ise uyguladığımız Adper Single Bond 2'nin kullanılan diğer adezivler gibi fonksiyonel monomer içermemesine ve yapısal özelliklerinden dolayı daha düşük değerler sergilediğini düşünmekteyiz. Tamir amacıyla bu adezivin kullanılması durumunda Lava ultimate yüzeyine adeziv uygulaması öncesi mutlaka ekstra tamir protokolü olarak yüzeyin pürüzlendirilmesi ve adezivin bu şekilde uygulanması gerekliliğini vurgulamak isteriz. Tribokimyasal silika kaplama+ Scotchbond Universal grubunda silansız bağlanma dayanım değeri $54,82 \pm 6,73$ MPa iken silanlı bağlanma dayanım değeri $44,36 \pm 13,51$ MPa bulunmuştur ve silanlı değerde istatistiksel olarak düşme gözlenmiştir. Çalışmamızda Scotchbond Universalin silanla uygulandığında mikrogerilim bağlanma dayanım değerindeki düşmeyi Scotchbond Universalin içerisinde ilave silan bulunmasına ve silan-bond-materyal etkileşimine bağlı olabileceğini düşünmekteyiz. Bu açıdan tribokimyasal silika uygulaması ile yüzey pürüzlendirildiğinde ve bağlayıcı ajan olarak Scotchbond Universal kullanıldığında ilave silan kullanımına gerek olmadığı sonucuna varmaktayız. Tribokimyasal silika kaplama+Futurabond U grubunun silansız bağlanma dayanım değeri $40,34 \pm 7,06$ MPa iken silanlı bağlanma dayanım değerinde ise $47,54 \pm 7,97$ MPa ile artış bulunmaktadır. Çalışmamızdaki bağlanma dayanımının artışı ise Futurabond U'nun yapısında silan içermemesine bağlamaktayız. Çalışmamıza göre eğer tribokimyasal silika kaplama ile yüzey hazırlığı yapıp bağlayıcı ajan olarak da Futurabond U kullanılıyorsa daha yüksek bir bağlanma dayanımı için mutlaka silanla birlikte uygulanmalı sonucuna

varmaktayız. Al-Thagafi ve ark. çalışmasının aksine bizde CAD/CAM nanoseramik reçine materyali olan Lava Ultimate'nin tribokimyasal silika uygulamasını takiben silan uygulaması sonucunda tamir bağlanma dayanımındaki görülen farklılıkların nedenini kullanılan bağlayıcı ajanların içeriğinin farklılığı olarak düşünmekteyiz.

Valandro ve ark. çalışmasının sonucunda ise Al_2O_3 ile yapılan kumlama ve tribokimyasal silika kaplama metotlarının fosforik asit uygulanan gruptan yüksek bağlanma değeri verdiği ve bu iki yüzey hazırlığının istatistiksel olarak yakın bağlanma değerleri gösterdiğini rapor etmişlerdir (Valandro ve ark. 2007).

D Arcangelo ve Vanini 2007 yılında yaptıkları çalışmada indirek kompozit restorasyonların adeziv özelliklerinde kompozit reçine blokların farklı yüzey hazırlıklarının etkilerini değerlendirmişlerdir. Enamel-Plus HFO UD3 (Micerium, Avegno; Genova, Italy) örnekler hidrofliorik asit + silan grubu, kumlama grubu, kumlama + silan grubu ve kontrol grubu olarak yüzey hazırlığı uygulanmıştır. Daha sonra örnekler üretici firmanın talimatları gereğince Enamel Plus, UD2, Micerium, Avegno reçine simanı ile simante edilmişlerdir. Tüm örnekler termal döngüden geçirilmiş ve daha sonra tensil (gerilme) testine tabi tutulmuştur. Çalışmanın sonuçlarına göre, kumlama işleminin mekanik retansiyonu arttırmada en önemli faktör olduğu rapor etmişlerdir. (D Arcangelo ve Vanini 2007). Bu çalışmanın aksine Colares ve arkadaşları 2013 yılında yaptıkları çalışmalarında lityum disilikat materyalinin kompozit reçine ile tamirinin mikrogerilim bağlanma dayanımında yüzey hazırlığına etkilerinin değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında yüzey hazırlık metodlarını 4 grupta değerlendirmişlerdir. Birinci gruba % 9,5'luk HF asiti 20 sn uygulama sonrasında oda ısısında kuru olarak silan uygulaması, ikinci gruba 9,5'luk HF asiti 20 sn uygulama sonrasında 45 ± 5 °C ılık havada silan uygulaması, üçüncü gruba 50 mikrometrelik alüminyum oksit partikülleriyle kumlama sonrasında 45 ± 5 °C ılık havada silan uygulaması ve son gruba da 50 mikrometrelik alüminyum oksit partikülleriyle kumlama sonrasında oda ısısında kuru olarak silan uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Yüzey hazırlığı uygulaması sonrasında adeziv uygulaması (Single Bond 2) gerçekleştirdikten sonra kompozit materyali (Z250) ile tamirini gerçekleştirmişlerdir. Mikrogerilim bağlanma dayanımı testine göre yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre lityum disilikat seramiklerin yüzey hazırlığında HF ve silan kullanımının materyalin reçine ile tamirinde alternatif metot olarak kullanılabileceği sonucuna varılırken, 50

mikrometrelik alüminyum oksit partikülleriyle kumlama işleminin yüzey hazırlığında kaçınılması gereken bir metot olduğunu rapor etmişlerdir. (Colares ve ark. 2013)

Yukarıdaki çalışmaya paralel olarak Düzyol ve arkadaşları 2015 yılında yaptıkları çalışmalarında kompozit reçine ve CAD/CAM bloklar arasındaki bağlanma dayanımında yüzey hazırlığının etkisini değerlendirmişlerdir ve kompozit reçine-reçine nanoseraamik blok arası bağlanmada kumlama ile yapılan yüzey hazırlığının Cojet ve HF'e göre daha etkili olduğu fakat kaçılması gereken bir methot olduğu sonucunu bulmuşlardır (Düzyol ve ark. 2015).

Kumlama, yüzey alanını ve ıslanabilirliği arttırarak, mikromekanik kilitlenmeyle bağlanma dayanımını arttırır (Elsaka 2014; Spitznagel ve ark. 2014). Kumlama seramik yüzeyinde erken bozulmaya yol açan mikro çatlaklara neden olabileceğinden ötürü seramik materyali için en uygun yüzey hazırlık metodu olarak kabul edilmemektedir. Oluşan mikro çatlaklara bağlı olarak seramik materyalinin internal ve marjinal adaptasyonu zayıflar (Campos ve ark. 2016; Peumans ve ark. 2016).

Yukarıda belirtilen nedenlerden ötürü çalışmamızda kumlama ile yapılan yüzey hazırlığı methodu uygulanmamıştır.

Frezle yüzey pürüzlendirme metodu kimyasal ajan ya da ilave ekipman gerektirmeden uygulanabilen, maliyet gerektirmeyen, kolay ve hızlı bir prosedürdür. Frezin abrazyon geometrisinin etkinliği, tamir materyali ile kilitlenme ve kompozit yüzeyi ile mikromorfolojisinde önemli bir role sahiptir (Valente ve ark. 2015).

Oskoe ve ark. yaptığı çalışmada Er,Cr:YSGG lazerle ve elmas frezle yapılan yüzey hazırlığında air abrazyon grubu ve kontrol grubuna göre tamir bağlanma dayanım değerlerinin yüksek olduğunu rapor etmişlerdir (Oskoe ve ark. 2014). Tabatabaei ve ark. çalışmasında da elmas frez kullanılarak yapılan yüzey hazırlığının kompozit reçinenin tamirinde çok etkili bir yüzey hazırlık metodu olduğunu vurgulamıştır (Tabatabaei ve ark. 2004). Brosh ve ark. da elmas frez kullanımının kompozit reçine restorasyonlarının yüzey tedavisinde kumlamadan daha etkili olduğunu bildirmişlerdir (Brosh ve ark. 1997). Benzer şekilde Bonstein ve ark. çalışması da elmas frezle yapılan yüzey hazırlığının direk kompozitin tamir prosedüründe air abrazyon ile karşılaştırıldığında yüksek bağlanma dayanımı gösterdiğini rapor etmişlerdir (Bonstein ve ark. 2005).

Düzyol ve ark. 2015 yılında yaptıkları çalışmalarında 3 farklı CAD/CAM blok olan Cerec Bloks (lityumdisilikat), IPS e.max CAD (feldspatik seramik) ve Lava

Ultimate (resin nanoceramic) materyallerini kullanmışlardır. Bu materyallere elmas frezle pürüzlendirme, elmas frezle pürüzlendirme + % 5 HF asit uygulaması, elmas frezle pürüzlendirme+kumlama ve son gruba da elmas frezle pürüzlendirme+CoJet uygulaması yapmışlardır. Yüzey hazırlıkları uygulaması sonrası silan ve bağlayıcı ajan olarak da Single Bond Universal (Scotchbond Universal) kullanarak nanohibrit kompozit reçine ile tamir etmişlerdir. Takiben örnekleri mikrogerilim testine tabi tutmuşlardır. Lava Ultimate gruplarında en yüksek bağlanma değerlerinin 54.8 ± 14.8 MPa ile elmas frezle pürüzlendirme ve ikinci en yüksek olarak da 42.1 ± 14.6 MPa ile elmas frezle pürüzlendirme+kumlama grubunda kaydetmişlerdir. Elmas frezle pürüzlendirme+CoJet grubunda bağlanma dayanımı 25.7 ± 8 olarak kaydedilmiş; elmas frezle pürüzlendirme+HF asit grubunda ise 25.3 ± 6.5 bulunmuş ve iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (Düzyol ve ark. 2015).

Bizim çalışmamızda ise Lava Ultimate materyaline elmas frezle pürüzlendirme+ Scotchbond Universal grubunda bağlanma dayanımı $52,42 \pm 8,46$ MPa olarak gruplar arasında en yüksek olarak bulunmuştur. Bu sonuç Düzyol ve ark. çalışmasındaki elmas frezle pürüzlendirme 54.8 ± 14.8 MPa değerine paralellik göstermiştir. Fakat bizim çalışmamızda tribokimyasal silika kaplama+Scotchbond Universal grubunun bağlanma dayanım değeri ise $54,82 \pm 6,73$ MPa ile Scotchbond Universal kullanılan gruplar arasında en yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar Düzyol ve ark. çalışmasından yüksek olup sebebinin çalışmamızda tribokimyasal silika uygulamasının Scotchbond Universal ile birlikte uygulanmasına ve Scotchbond Universalin yapısında silan içermesine bağlı olduğunu düşünmekteyiz.

Zaghloul ve ark. yaptığı 2014 yılında çalışma sonucuna göre seramik yüzeyler için elmas frezle pürüzlendirmenin kötü bir tamir protokolü olduğunu ve kopma anında % 100 adeziv başarısızlık gösterdiğini bulmuşlardır (Zaghloul ve ark. 2014).

Özcan ve ark. bu çalışmaya benzer şekilde elmas frezle pürüzlendirmeyi izleyen fosforik asit uygulamasının silika kaplama ve HF asit grubuyla karşılaştırıldığında düşük bağlanma değerleri saptamışlardır (Özcan ve ark. 2009). Loomans ve ark. yaptığı çalışmanın sonucuna göre kompozit reçine bloklarda elmas frezle pürüzlendirme, HF asit ve silika kaplama uygulaması arasında bir fark bulamamışlardır (Loomans ve ark. 2011).

Öte yandan elmas frezle pürüzlendirmeyi içeren tamir protokolü indirek kompozit reçine restorasyonları için üstün bir tamir protokolü olduğunu kabul eden çalışmalar

çoğunluktadır (Yeşilyurt ve ark. 2009; Brosh ve ark. 1997; Bonstein ve ark. 2005). Aynı zamanda ağız içi tamir olgularında elmas frez dental kliniklerde kolayca bulunabilen bir materyaldir. Yukarıda açıklanan literatür bilgileri sonucuna göre çalışmamızda elmas frezle pürüzlendirme işlemi Lava Ultimate materyalinde yüzey hazırlık metodu olarak kullanılmıştır.

Seramik restorasyonların tamirinde asit kullanımı oldukça sık gözlenmekle beraber özellikle çalışmalarda HF asit kullanımı oldukça yaygındır (Güler ve ark. 2006; Duzyol ve ark. 2015; Erdemir ve ark. 2014). Seramik materyalinde HF asit kullanımı sonucunda, seramik matriksinden cam fazın çözülmesi yoluyla mikromekanik retantif alanlar elde edilir ve seramik yüzeyindeki hidroksil iyon grubu oluşumu artar. HF asitin reçine kompozit bloklara etkisi seramik bloklara benzer şekildedir. Reçine kompozit blokların seramik bloklara göre silika içeriği daha azdır ve HF asitin agresif aşındırma özelliği buna yansımaktadır. Bu sonuçlar El Zohairy ve arkadaşlarının çalışmasında gözlenen sonuçlara benzerdir (Zaghloul ve ark. 2014; El Zohairy ve ark. 2003).

Shiu ve arkadaşlarının çalışmasında reçine simanın bağlanma dayanımında feldspatik seramiğin yüzey hazırlıklarına etkisini incelemişler ve HF asit, CoJet-Sand ve Al_2O_3 tekniklerinin oldukça etkili olduğunu rapor etmişlerdir (Shiu ve ark. 2007).

Sorensen ve ark. yaptığı çalışmada HF asit uygulamasının feldspatik seramiklerin bağlantı dayanımını önemli derecede arttırdığını bulmuşlar ancak In-ceram kor materyalinin bağlantı dayanımını etkilemediğini ortaya koymuşlardır (Sorensen ve ark. 1991).

Özcan ve Vallittu'nun çalışmasında ise farklı seramiklere uygulanan farklı yüzey hazırlık işlemlerinin bağlanma dayanımına etkilerini inceledikleri çalışmalarında, yüksek alumina içerikli seramik ve zirkonyum oksit içeren seramiğe HF asit uygulamasının etkili olmadığı bulunmuştur (Özcan ve Vallittu 2003).

Park ve arkadaşlarının 2016 yılında yaptıkları çalışmalarında reçine nanoseramik materyaline reçine simanın farklı yüzey hazırlık metotlarının etkilerini değerlendirdikleri çalışmanın sonucunda ise HF asit kullanımının reçine nanoseramik materyali için uygun olmayan bir yüzey hazırlama metodu olduğu sonucuna varmışlardır (Park ve ark. 2016). Ayrıca Frankenberger ve arkadaşlarının çalışması sonucunda da nanoseramik reçine blok üzerinde tahrip edici etkiye sahip olduğunu bulmuşlardır (Frankenberger ve ark. 2015). Çekic-Nagas ve arkadaşlarının çalışmasında

ise HF asit kullanımının reçine nanoseraamik materyali üzerinde bağlanma dayanımına etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır (Cekic-Nagas ve ark. 2016).

HF asitin pK değerinin 3.45 olup, su içinde kolaylıkla çözünerek kuvvetli reaksiyonlara yol açtığı gösterilmiştir. Özellikle deriye teması ve inhale edilmesi durumunda akciğerlere de ciddi şekilde zarar verebilmektedir. HF asitin ağız içi kullanımı, çoğu ülkede yasaklanmıştır (Tylka ve ark. 1994).

Aynı zamanda reçine nanoseraamik materyalinin kullanıldığı tez çalışmamızda, üretici firma tarafından Lava Ultimate materyaline HF asit uygulamasını tavsiye edilmemektedir. Tüm bu literatür bilgilerine dayanarak yüzey hazırlık metodu olarak HF asit ile pürüzlendirmenin yukarıda açıklanan nedenlerden ötürü kullanımı yerine asit tipi olarak fosforik asit kullanılmıştır.

Fosforik asit uygulaması ise, seramik yüzeyinde herhangi bir asit patterni oluşturmada sadece yüzey poroziteleri ve defektlerini açığa çıkarır. Bu nedenle fosforik asit uygulamasıyla %100 adeziv kopma ile sonuçlanan düşük bağlantı değerleri elde edilir. Benzer sonuçlar birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (El Zohairy ve ark. 2003; Kamada ve ark. 1998).

Mohamed ve ark. yaptıkları çalışmalarında porselen tamirinde bağlanma dayanımında yüzey hazırlık metotlarının etkisini değerlendirmişlerdir. Feldspatik seramik materyaline fosforik asitin uygulamasının herhangi bir etkisinin olmadığını bulmuşlardır. Fosforik asit+silan uygulanan grubun sadece fosforik asit uygulanan gruba göre bağlanma dayanımında artış rapor etmişlerdir (Mohamed ve ark. 2014).

Shimada ve arkadaşlarının çalışmasında ise, seramik yüzeylerini 5 saniye boyunca fosforik asit uygulamasından sonra bağlanma dayanımının çok düşük olduğunu ancak silan bağlayıcı ajan uygulandıktan sonraki, bağlanma dayanımında belirgin bir artış gözlemlemişlerdir (Shimada ve ark. 2002). Ayrıca diğer çalışmalar, silanizasyonun, fosforik asit ile uygulandığında bağlanma dayanımını önemli ölçüde arttırdığını göstermiştir.

Fosforik asit, seramik yüzeyinin pH'sını düşürerek silan bağlayıcı ajan için H^+ konsantrasyonunu artırır. Bu da fosforik asitin tek başına uygulanmasında gözlenen düşük bağlanma dayanımının silan uygulamasıyla görülen artışın nedenini açıklamaktadır (Kamada ve ark. 1998; El Zohairy ve ark. 2004; Foxton ve ark. 2003).

Yukarıdaki çalışmalara paralel olarak bizim çalışmamızda da fosforik asitle yüzey pürüzlendirme ile yapılan yüzey hazırlık uygulamasının mikrogerilim bağlanma

dayanım değerlerinin Adper Single Bond 2 grubunda $12,49 \pm 6,03$ MPa, Scotchbond Universal grubunda $25,91 \pm 5,15$ MPa, Futurabond U grubunda ise $27,22 \pm 7,23$ MPa olduğu saptanmış ve bu değerlerin tüm yüzey hazırlık grupları içerisinde en düşük mikrogerilim bağlanma dayanımını verdiği bulunmuştur. Fosforik asitle yüzey pürüzlendirme grubunun silan bağlayıcı ajan kullanılarak test edilen gruplarında Silan+ Adper Single Bond 2 grubunda $19,20 \pm 7,01$ MPa, Silan+Scotchbond Universal grubunda $31,36 \pm 10,24$ MPa ve Silan+Futurabond U grubunda ise $45,49 \pm 7,20$ MPa olarak kaydedilmiş olup bu sonuçlar ise Mohamed ve ark.'nın ve Shimada ve ark.'nın seramik çalışmasında olduğu gibi silanizasyon işleminin fosforik asitle uygulanması sonucunda bağlanma dayanımının silan uygulanmayan gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı bulunmuştur.

Fosforik asit klinikte sıklıkla kullanılan ve kolaylıkla bulunabilen bir ajan olduğundan tez çalışmamızda fosforik asit uygulamasının reçine nanoseramik blokların tamirinde yüzey pürüzlülüğü ve bağlanma dayanımı açısından etkisini araştırmak amacıyla tezimize dahil ettik. Tez çalışmamız için yapılan literatür araştırmasında reçine nanoseramik materyaline yüzey hazırlığı olarak fosforik asitin etkinliğini gösteren çalışmaya rastlanmamıştır. Karşılaştırmanın yapıldığı çalışmaların seramik materyallerinde uygulanmış olmasına rağmen nanoseramik reçine materyali olan Lava Ultimate'ı kullandığımız çalışma sonuçları da yüzey hazırlığı olarak fosforik asit uygulandığı durumda daha yüksek mikrogerilim bağlanma değerlerinin mutlaka universal bağlayıcı ajan ve ya silan uygulanması durumunda elde edilebileceğini ortaya koymaktadır.

Birçok yazar tarafından önerilen asit ve silan uygulaması, seramik ve reçine kompozit arasında yüksek bağlantı kuvveti sağlayan bir metottur. Bu araştırmacıların bazıları, silan bağlayıcı ajanların oluşturduğu kimyasal bağlantının, reçine-seramik sisteminin adezyonundan sorumlu temel mekanizma olduğunu savunurken diğer araştırmacılar ise, asit uygulamasının bağlanma dayanımında en geniş katkıya sahip olduğunu bildirmişlerdir (Della Bona ve ark. 2000; Roulet ve ark. 1995).

Silan bağlayıcı ajanlar, porselen ve yapıştırıcı kompozit arasında kovalent bağlar oluşturan ve seramik yüzeyinin ıslanabilirliğini arttıran bifonksiyonel moleküllerdir. Kimyasal formüle ve silan formuna bağlı olarak farklı silan ürünleri mevcuttur. Dental silanlar çözücülerini değişiklik gösterebilen ve tipik olarak, hacimce %1-10 3-metakrilolpropiltrimetoksisilan içerirler. Silanlar, tek faz önceden aktive olmuş

solüsyon şeklinde ya da hidroliz reaksiyonunu başlatmak için karıştırılması gereken iki komponentli sistemler şeklinde olabilir (Peumans ve ark. 2007; Matinlinna ve ark. 2004).

Silan ile reçine arasındaki bağlantı reçine matriksin metakrilat grubu ile silan molekülünün metakrilat grubu arasında ilave polimerizasyon reaksiyonu ile oluşmaktadır. Silan ile seramik yüzeyi arasındaki bağlantı ise hidrolize silan molekülündeki silanol grubu ile seramik yüzeyindeki silanol grubu (Si-O-H) arasında kondenzasyon reaksiyonu ile oluşmaktadır. Ayrıca; silanlar reçine penetrasyonu için yüzeyin ıslanabilirliğini sağlayarak reçine-silikat bağlantısını sağlamaktadır (Li ve ark. 2014; Ergun & Ataol 2016).

Bir çok çalışmada silanın bağlanma dayanımını arttırdığı bulunmuştur. Fakat D'Alcangelo ve Vanini yaptığı çalışmada ise HF asit uygulanmış kompozit restorasyonlarda reçine bağlantısında silanın önemli bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir (Park ve ark. 2016; D'Arcangelo & Vanini 2007).

Peumanas ve ark. yaptığı çalışmanın sonucuna göre fosforik asit uygulamasını takiben silan uygulandığında, bağlanma dayanımında artış gözlenmiştir ancak bu ihmal edilebilir bir orandadır. El Zohairy ve ark. ve Yoshida ve ark. yaptıkları çalışmalarda da bu duruma benzer bir sonuç gözlenmiştir fakat bazı yazarlar fosforik asit uygulamasından sonra silanizasyonun bağlantı dayanımı önemli ölçüde arttırdığını göstermişlerdir (El Zohairy ve ark. 2003; El Zohairy ve ark. 2004; Yoshida ve ark. 2005; Peumans ve ark. 2007).

Silanlar organik ve inorganik materyallerle reaksiyona girebilen iki farklı fonksiyonel grup içeren adezyon ajanlarıdır. Farklı materyallerin birbirine bağlanmasını arttırmak için kullanılırlar. Hidrolize edilebilir fonksiyonel gruplar inorganik substratın yüzeydeki hidroksil grubuyla reaksiyona girerek siloksan bağı (Si-O-Si) oluştururlar. C=C çift bağ içeren organik nonhidrolize fonksiyonel grup ise, çift bağ içeren reçine kompozitleri ile polimerize olur (Lung ve ark. 2012; Zoghloul ve ark. 2014). Bu durum silan içerisinde bulunan hidrolize edilebilir fonksiyonel gruplar ve açığa çıkmış inorganik substratların hidroksil gruplarının miktarı arasındaki dengeyle açıklanabilir. Böylece materyaller arasında oluşan siloksan bağlantısının niteliğini kullanan silanın konsantrasyonu ve açığa çıkan hidroksil grubu miktarını belirleyen yüzey hazırlığı metodu belirler (Matinlinna ve ark. 2007).

Zaghloul ve arkadaşları 2014 yılında yaptıkları çalışmalarında CAD/CAM seramik ve kompozit blokların tamirinde bağlanma ajanındaki silan katkısının etkilerini araştırmışlardır. Löstitle güçlendirilmiş cam seramik blok olan Paradigm™ C ve nanohibrit reçine kompozit blok olan Paradigm™ MZ100 materyallerini kullanmışlardır. İlk grupta elmas frezle pürüzlendirme, ikinci gruba elmas frezle pürüzlendirme+silanizasyon, üçüncü gruba HF asit uygulaması, dördüncü gruba HF asit+ silanizasyon, beşinci gruba tribokimyasal silika kaplama son olarak da altıncı gruba tribokimyasal silika kaplama ve silanizasyon işlemlerini uygulamışlardır. Daha sonra silan içeren bağlayıcı ajan olarak Scotchbond Universal uygulamasını takiben kompozit reçine(Filtek Z350) ile tamir etmişlerdir. Örnekler daha sonra mikromakaslama bağlanma testine tabi tutulmuşlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre, ilave silanizasyon adımının, farklı yüzey hazırlık protokollerinin ve estetik restoratif materyallerin bağlanma dayanımı üzerinde doğrudan etkisi olduğunu açıkça ortaya koymuştur. Ayrıca bu çalışmada seramik ve kompozit blokların her ikisinde de elmas frezle pürüzlendirme, HF asit uygulaması ve tribokimyasal silika uygulamalarının ilave silanlı gruplarının bağlanma dayanımında artış gözlenmiştir (Zaghloul ve ark. 2014).

Bizim çalışmamızda ise tribokimyasal silika kaplama+Scotchbond Universal grubundaki bağlanma dayanımı $54,82 \pm 6,73$ MPa, elmas frezle pürüzlendirme+Scotchbond Universal grubundaki bağlanma dayanımı ise $52,42 \pm 8,46$ MPa olarak kaydedilmiştir. Bu grupların ilave silanlı formları olan tribokimyasal silika uygulaması+silan+Scotchbond Universal grubundaki bağlanma dayanımı $44,36 \pm 13,51$ MPa ve elmas frezle pürüzlendirme+silan+ Scotchbond Universal grubundaki bağlanma dayanımı ise $49,5 \pm 9,8$ MPa olarak bulunmuştur. Zaghloul ve arkadaşlarının çalışmasının aksine bizim çalışmamızdaki ilave silan uygulamasının bağlanma dayanımındaki düşüşünü çalışmalarımızda kullandığımız materyallerin farklı olmasına ve bizim kullandığımız Lava Ultimate materyalinin seramik ve kompozit karışımı olmasına ve ilave 1000 döngü termal siklus uygulamamıza bağlamaktayız.

Bizim çalışmamızda Scotchbond Universalin silan içermesinden ötürü tribokimyasal silika uygulanan yüzeylerde ve elmas frezle pürüzlendirilen yüzeylerde ilave silan uygulamasına gerek yoktur sonucuna varılabileceğini düşünüyoruz.

Shahverdi ve arkadaşlarının yaptığı çalışmanın sonucunda ise kimyasal ajan olarak silanın tek başına kullanımının yetersiz olduğu ve seramik yüzeyinin fiziksel modifikasyonunu sağlayan yüzey hazırlık metodları sonrasında uygulanmasını

önermişlerdir (Shahverdi ve ark. 1998). Jednakiewicz ve Martin yaptıkları çalışmada silanın yüzey hazırlığı yapılan seramik ve reçine siman arasında mikromekanik bağlantı yerine geçmeyeceği fakat materyal ve bağlanma ajanı arasında kimyasal etkileşimle bağlanma dayanımını arttırdığını rapor etmişlerdir (Jedynakiewicz ve ark. 2001).

Bu literatür bulgularına dayanarak yukarıda belirtilen çalışmaları baz alıp bizde tez çalışmamızda silanı tek başına yüzey pürüzlendirme ajanı olarak kullanmayıp nanoseramik reçine materyaline yüzey hazırlık metotları ve/veya bağlayıcı ajanlar kullanıldıktan sonra silan bağlayıcı ajan şeklinde kullandık.

İndirek restorasyonların tamirinde uzun süre klinik kullanım için materyal-reçine bağlantısı oldukça önem taşımaktadır. Adeziv bağlantı restorasyon ara yüzeyinde adaptasyonun sağlanması, mikrosızıntının önlenmesi ve retansiyonu arttırmak için gereklidir (Spitznagel ve ark. 2014; Park ve ark. 2016; Vargas ve ark. 2011).

Yapılan birçok çalışmada indirek restorasyon materyali ve reçine arasında bağlantıyı arttırmak için çeşitli dentin bağlayıcı ajanların kullanımı yaygındır (Düzyol ve ark. 2015; Sattabanasuk ve ark. 2016; Zaghloul ve ark. 2014; Siqueira ve ark. 2016; Eliasson ve ark. 2014).

Park ve ark. çalışmasında reçine nanoseramik materyali toplamda 6 grup olarak incelenmiştir. Önce 3 gruba ayrılarak air abrazyon, HF asit ve Rocatec ile tribokimyasal silika uygulaması ile yüzey hazırlıkları yapıldıktan sonra her grup kendi içerisinde Single Bond Universal uygulanan ve uygulanmayan gruplar olarak 2'ye ayrılmıştır. Çalışmanın sonucunda ilave adeziv olarak uygulanan Single Bond Universalin kullanılması reçine nanoseramik materyali ile reçine siman arasındaki bağlanma dayanımını arttırmıştır (Park ve ark. 2016).

Roperto ve ark. 2016 yılında yaptığı CAM seramik ve kompozit blokların dentine bağlanmasında mikrogerilim bağlanma dayanımını inceledikleri çalışmalarında farklı adeziv stratejileri içeren etch&rise dentin bağlayıcı olan Primer and Bond NT ve self adesiv dentin bağlayıcı olarak da Clearfil SE Bond kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda etch&rise dentin bağlayıcının reçine simana bağlanma değerinin en iyi olduğu bulunmuştur ve CAD/CAM seramik ve kompozit restorasyonlarının bağlanma dayanımı farklı adeziv stratejilerinden anlamlı derecede etkilenmektedir (Roperto ve ark. 2016).

Eliasson ve ark. yaptığı çalışmada kompozit materyaller arasında tamir bağlanma dayanımının adeziv ve farklı yüzey hazırlık metotlarının etkilerinin mikrogerilim test

metodu kullanılarak bir ay ve 12 ay bekletme sonrasında değerlendirdikleri çalışmalarında kompozit materyaline Cojet ile kumlama, silan uygulaması ve kontrol grubu olarak yüzey hazırlığı uygulamışlardır. Çalışmalarında tek aşamalı self etch adeziv olan AdheSE One bond, iki aşamalı self etch adeziv Clearfil SE Bond ve üç aşamalı etch&rinse adeziv olan Adper Scotchbond Multi-Purpose kullanmışlardır. Bu çalışmada 3 farklı dentin bağlayıcı karşılaştırıldığında Adper Scotchbond Multi-Purpose en düşük bağlanma dayanımını vermiştir (Eliasson ve ark. 2014).

Hemadri ve ark. 2014 yılında invitro olarak tamir materyalleri ve yüzey hazırlık metotları kullanarak tamir kompozitinin makaslama bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında kompozit numunelere kontrol grubu, elmas frezle pürüzlendirme ve 50 mikrometrelik Al_2O_3 partikülleri ile kumlama işlemi uygulamışlardır. Daha sonra Allbond 2 ve Clearfil dentin bağlayıcıları kullanarak kompozit ile tamir etmişlerdir. Termosiklus uygulaması sonrası makaslama testine tabi tutmuşlardır. Sonuç olarak air abrazyon ile yüzey hazırlığını takiben Clearfil dentin bağlayıcının kullanılması restorasyonların klinik tamiri için denenebilir bulunmuştur (Hemadri ve ark. 2014).

Tez çalışmamızda kullandığımız CAD/CAM reçine nanoseramik materyaline çeşitli yüzey hazırlık protokolleri uyguladıktan sonra kompozit reçine ile tamirinde CAD/CAM reçine nanoseramik ve kompozit reçine arasında bağlantıyı sağlamak için ara yüzde dentin bağlayıcı ajanlar kullanılmıştır. Bu ara ajanlar CAD/CAM reçine nanoseramik ile kompozit arasında adezyonun sağlanması için gereklidir. Bu amaçla etch&rinse bağlayıcı ajan olarak Adper Single Bond 2 ve universal bağlayıcı ajan olarak farklı monomerlere sahip olan Scotchbond Universal ve Futurabond U kullanılmıştır.

Çalışmamızda kullanılan Scotchbond Universal, literatürde Single Bond Universal olarak da isimlendirilmektedir. Bu iki tanımlama arasında hiçbir fark yoktur ve iki ayrı adlandırmada aynı bağlayıcı sisteme aittir. Sadece aynı universal bağlayıcıların üretici firma tarafından iki farklı isimle pazarlanmasından kaynaklanmaktadır (Scotchbond Universal Adhesive™ 2012).

Universal adezivler, basitleştirilmiş olarak ‘all-in-one’ olarak adlandırılan tek şişe adezivlerin en yeni grubudur ve en önemli avantajlarından birisi bu bağlayıcının yalnızca mine, dentine bağlanmakla kalmayıp aynı zamanda kompozit, seramik, zirkonya, metal alaşımları gibi farklı yapılarda da bağlayıcı ajan olarak kullanılabilmesidir (Makishi ve ark. 2016). Aynı zamanda direk ve indirek

restorasyonlarda da kullanım endikasyonuna sahiptirler. Üretici firmalar bu sistemlerin etch&rinse, self-etch veya selektif etch tekniklerinden herhangi biri ile uygulanabileceğini ifade etmişlerdir (Alex 2015). Teorik olarak zirkonya veya metal adherent olarak kullanılacağı zaman bu yüzeylere önceden bir silan veya metal, zirkon primerleri uygulanmaktadır. Ayrıca universal adezivlerin yapılarında bulunan silan içeriğinden dolayı silika bazlı seramiklerde bağlanma özelliğine sahiptirler (Seabra ve ark. 2014; Amaral ve ark. 2014).

Kim ve arkadaşlarının 2015 yılında yaptığı lösitle güçlendirilmiş seramiklere bağlanmada universal adezivlerin performanslarını değerlendirdikleri çalışmalarının sonucuna göre universal adezivlerin, reçine ve hidroflorik asit kullanılarak asitlenen cam seramik arasındaki bağ kuvvetini önemli ölçüde arttırdığını bulmuşlardır (Kim ve ark. 2015).

Stawarczyk ve arkadaşlarının 2015 yılında yaptıkları CAD/CAM nanoseramik reçine restorasyonlarının invitro olarak kompozit reçine ile tamirinde farklı yüzey hazırlık metotları ve bağlayıcı ajan olarak iki universal adeziv olan ve fosforik asit monomerleri içeren Scotchbond Universal ve Futurabond U, ayrıca metakrilat monomerleri içeren One Coat Bond ve visiko.link bağlayıcı ajanlarını kullanmışlardır. Çalışmanın sonucuna göre bu universal adezivlerin performansının metakrilat monomerleri içeren adezivlerden daha iyi olduğunu nanoseramik reçineyle kompozit reçine arasındaki adezyonun sağlanmasında kullanılan universal adezivlerin bağlanma dayanımında artışa sebep olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca Scotchbond Universalin bağlanma dayanımının Futurabond U 'ya göre daha iyi olduğu sonucuna varmışlardır. Bu sonucu Scotchbond Universal içerisinde bulunan 10-MDP monomerine bağlamışlardır (Stawarczyk ve ark. 2015).

Kim ve ark.; Stawarczyk ve ark.'nın çalışmasına paralel olarak bizim çalışmamızda da kullandığımız bağlayıcı ajanların farklı yüzey hazırlık gruplarına göre bağlanma dayanımı değerlendirildiğinde universal bağlayıcı ajan olan Scotchbond Universalin tribokimyasal silika kaplama grubunda($54,82 \pm 6,73$ MPa) ve elmas frezle pürüzlendirme grubunda ($52,42 \pm 8,46$ MPa) bağlanma dayanımı değerlerinin tribokimyasal silika kaplama+Futurabond U grubu($40,34 \pm 7,06$ MPa), elmas frezle pürüzlendirme+Futurabond U grubu ($44,39 \pm 7,25$ MPa) ve tribokimyasal silika kaplama+ Adper Single Bond 2 grubu ($29,03 \pm 8,01$ MPa), elmas frezle pürüzlendirme+ Adper Single Bond 2 gruplarına ($38,45 \pm 5,36$ MPa) göre istatistiksel

olarak yüksek bağlanma dayanımına sahip olduğu bulunmuştur. Biz çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçları yüzey hazırlık uygulamaları sonrası bağlayıcı ajan kullanmamıza, yukarıdaki sonuçlara göre ise etch&rinse bağlayıcı ajan olan Adper Single Bond 2 değerlerinin Scotchbond Universal ve Futurabond U kullanılan gruplara göre daha düşük olmasının nedenini ise; Scotchbond Universal ve Futurabond U'nun universal bağlayıcı ajan olarak Scotchbond Universal'in yapısında 10-MDP ve Futurabond U'nun yapısında modifiye 10-MDP olmasına bağlamaktayız. Bu bağlamda her iki universal adezivde 10-MDP monomeri olmasına rağmen Scotchbond Universal'in tribokimyasal silika kaplama ve elmas frezle yüzey pürüzlendirme gruplarında Futurabond U'ya göre yüksek bağlanma dayanım değeri vermesini ise Scotchbond Universalin içerisinde Futurabond U'dan farklı olarak poliakrilik asit kopolimeri ve vitromer monomeri içermesine bağlamaktayız.

Universal adeziv sistemlerin içerisindeki 10- methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (MDP) fonksiyonel monomerinden dolayı primer ya da aktivatöre gerek olmadan reçine siman ve indirek restorasyon arasında kimyasal bağlanma oluştururlar. Aynı zamanda bu monomer sayesinde zirkonya, metal ve Ca yapısındaki yüzeylere de adezyon özelliğine sahiptirler (Pereira ve ark. 2010, Amaral ve ark. 2014, Stawarczyk ve ark. 2015).

10- MDP monomerinin iki fonksiyonel grubu bulunmaktadır. Bunlardan fosforik asit grubu tamir edilecek materyalin yüzeyinde bulunan hidroksil gruplarına bağlanmadan sorumludur. Karboksilik asit ya da metakrilat grubu ise kompozit reçineye bağlanan kısımdır (Piascik ve ark. 2012; Ural ve ark. 2011; Seabra ve ark. 2014).

MDP monomerinin içerdiği dihidrojen fosfat grubu priming ve bağlanmadan sorumluyken, uzun karboksil zinciri asidik monomerin hidrolitik ve hidrofobik stabilitesini sağlar.

Seabra ve ark. 2014 yılında yaptığı zirkonya tamirinde universal adezivlerin ve zirkonya primer uygulama tekniklerinin etkisini araştırdıkları çalışmada MDP içeren adeziv sistemlerin kullanıldığı restorasyonların uzun dönemde stabilizasyonunu koruduğu bildirilmiştir (Seabra ve ark. 2014; Chen ve ark. 2012; Kim ve ark. 2011).

Yine bu çalışmaya göre yeni universal adezivler olan ve yapılarında 10-MDP içeren Scotchbond Universal ve All bond Universal adezivlerin kompozit reçine ve zirkonya arasındaki bağlanmayı sağlamada ara yüzde kullanılabileceği bildirilmiştir (Seabra ve

ark. 2014). Bizim çalışmamızda da Scotchbond Universal ve Futurabond U'nun ara bağlayıcı ajan olarak kullanıldığı reçine nanoseramik olarak adlandırılan Lava Ultimate materyalinde bağlanma dayanımının Adper Single Bond 2'ye göre yüksek olmasının nedenini Lava Ultimate'in yapısında zirkon parçaları içermesinden ve bunlara MDP içeren Scotchbond Universal ve Futurabond U'nun bu bağlanmayı arttırmasına bağlı olduğunu düşünmekteyiz.

Mine ve dentin için universal adezivlerin kullanımında MDP monomer içeren adezivler hidroksiapatitteki Ca ile güçlü iyonik bağ kurar ve Ca tuzlarının bu düşük çözünürlükteki formları MDP içeren adezivlerin uzun dönem performansı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Makishi ve ark. 2016; Giannini ve ark.2015; Yoshida ve ark. 2004; Yoshida ve ark. 2012).

Metal ve zirkonya gibi silika içermeyen yüzeyler için MDP'nin hidrofilik fosfat içeren terminal ucu, restorasyonun iç yüzeyindeki oksitlerle kimyasal olarak etkileşime girerken, hidrofobik metakrilat terminal ucu ise reçine simanın monomerlerini kopolimerleştirir (Yoshida ve ark. 2006). Ayrıca feldspatik porselen, lösitle güçlendirilmiş seramik ya da lityum disilikat seramik gibi silica esaslı indirek restorasyonlar için silan ve MDP monomer arasındaki reaksiyon bağlanma mekanizmasını ve ıslanabilirliği arttırır. Serbest silanol grupları indirek restorasyonun hidroksil gruplarıyla hidrojen bağı kurar sonra bu çapraz bağlar, simanın metakrilat grubu ile silan bağlayıcı ajanın organofonksiyonel grubu arasında restorasyon materyali ve siloksan bağlayıcı arasında oluşur (Lung ve ark.2012).

Siqueira ve ark. 2016 yılında yaptıkları çalışmalarında reçine nanoseramik (Lava Ultimate), feldspatik cam seramik (Vitablocs RealLife), lösitle güçlendirilmiş cam seramik (IPS Empress CAD), lityum disilikat seramik (IPS e.max CSD) ve yitriumstabilize zirkonyum dioksit (Ceramill Zi) içeren beş farklı indirek restoratif CAD/CAM materyali kullanmışlardır. Her CAD/CAM indirek restoratif materyal için uygun olan yüzey hazırlığı uygulanmıştır. Lava ultimate için Al_2O_3 ile kumlama sonrasında silan (Monobond Plus) uygulamışlardır. Materyallere uygulanan yüzey hazırlıkları sonrasında yedi farklı universal adeziv(AdheSE Universal, All-Bond universal, Ambar universal, Clearfil universal, Futurabond U, One coat 7 universal, Peak universal bond, Prime&Bond Elect, Scotchbond Universal ve Xeno Select) içeren bağlayıcı uygulaması sonrasında dual-cure reçine siman uygulaması yapmışlardır. Takiben mikromakaslama testinde bağlanma dayanımını değerlendirmişlerdir. Al_2O_3 ile

kumlama uygulanmış Lava Ultimate yüzeyinde Scotchbond Universal değerleri Futurabond U'dan yüksek bulunmuştur.

Bizim çalışmamızda ise Al_2O_3 ile kumlama işlemi uygulanmamış olup Lava Ultimate yüzeyine yüzey hazırlığı olarak tribokimyasal silika kaplama işlemi yapılmıştır. Siqueira ve ark. çalışmasına uyumlu olarak bizim çalışmamızda da tribokimyasal silika kaplama+Scotchbond universal değerleri ($54,82 \pm 6,73$ MPa) tribokimyasal silika kaplama+Futurabond U değerlerinden ($40,34 \pm 7,06$ MPa) yüksek bulunmuştur. Bizim çalışmamız ve Siqueira ve ark. çalışmasının metodolojileri farklı olsada bu uyumlu sonuçları Scotchbond Universalin Futurabond U'dan içerik olarak poliakrilik asit kopolimeri, silan ve doldurucu içermesine bağlı olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışmamızın sonuçlarına göre yapılan literatür taramalarımız sonucunda Lava Ultimate materyaline H_3PO_4 ile yapılan yüzey pürüzlendirme ve elmas frez+ H_3PO_4 ile yüzey pürüzlendirme ve bu grupları bağlayıcı ajanlar kullanılarak tamir edildiğinde bağlanma dayanımı sonuçlarını gösteren çalışmalara rastlanmamıştır. Bizim çalışmamızın H_3PO_4 ile yapılan yüzey pürüzlendirme ve elmas frez+ H_3PO_4 ile yüzey pürüzlendirme yüzey hazırlıkları ve bunların bağlayıcı ajanlarla ilgili sonuçlarına bakıldığında silansız grupta H_3PO_4 ile yüzey pürüzlendirme+Scotchbond Universal bağlanım değeri $25,91 \pm 5,15$ MPa, H_3PO_4 ile yüzey pürüzlendirme+Futurabond U bağlanım değeri $27,22 \pm 7,23$ MPa; EP+ H_3PO_4 ile yüzey pürüzlendirme+ Scotchbond Universal bağlanım değeri $35,94 \pm 4,88$ MPa ve EP+ H_3PO_4 ile yüzey pürüzlendirme+ Futurabond U bağlanım dayanımı ise $34,40 \pm 5,70$ MPa bulunmuş olup, bu sonuçlar yüksek olup her iki ana grupta da iki bağlayıcı ajanın bağlanım dayanımı değeri arasında istatistiksel olarak aralarında fark bulunamamıştır. Fakat aynı ana grupların silanlı değerlerine bakıldığında ise; H_3PO_4 ile yüzey pürüzlendirme+silan+ Futurabond U bağlanım dayanım değeri ($45,49 \pm 7,20$ MPa) , H_3PO_4 ile yüzey pürüzlendirme+silan+Scotchbond Universal bağlanım dayanım değerinden ($31,36 \pm 10,24$ MPa) anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. EP+ H_3PO_4 ile yüzey pürüzlendirme+ silan+Scotchbond Universal bağlanım dayanım değeri ($37,79 \pm 6,52$ MPa), EP+ H_3PO_4 ile yüzey pürüzlendirme+ silan+Futurabond U bağlanım dayanım değerinden ($33,81 \pm 8,44$ MPa) anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Bu grupların etch&rinse adeziv sistem olan silanlı ve silansız Adper Single Bond 2'li alt gruplarının değerleri yukarıdaki değerlerden anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Bu sonuçlara

göre bizim çalışmamızda reçine nanoseraamik olan Lava Ultimate materyalinde universal bağlayıcı adeziv sistemlerin etkinliğı etch&rinse olan Adper Single Bond 2'ye göre yüksek bulunmuştur.

In vitro çalışma ortamında diş hekimliğı materyallerinin değeriendirilmesinde en sık kullanılan yöntemler bağlanma dayanım testleridir. Biomateryal ve diş arasındaki adezyon ne kadar güçlüyse reçine polimerizasyonu ve oral fonksiyon sırasında oluşan streslere o oranda dayanıklı olacaktır (De Munck ve ark. 2005). *In vitro* koşullarda dental malzemelerin ve bağlayıcı ajanların diş dokularına olan bağlantı dayanıklılıklarını belirlemede en çok makaslama (shear) ve mikrogerilim (micro-tensile) bağlantı kuvvetleri test yöntemleri kullanılmaktadır (Pashley ve ark. 1995). Bağlanma dayanım testlerinde değeriendirme, bağlanma yüzeyine makaslama veya gerilim uygulanmasını takiben kopmanın gerçekteştiğı anda birim alana düşen yük miktarının ölçümü ile gerçekteşmektedir. Makaslama bağlanma testlerinde kuvvet bağlanma yüzeyine paralel gelirken çekme testlerinde ise dik gelmektedir (Cardoso ve ark. 1998; Kitasako ve ark. 2001).

Mikrogerilim bağlanma dayanım testi en güvenilir test metodu olarak düşünölmektedir (Pashley ve ark. 1999). Mikrogerilim bağlanma dayanım testi; stres dağılımının ara yüzeylerde iyi bir şekilde sağlanabilmesi, örnek diştten çok sayıda numune elde edilebilmesi, koheziv kopmanın daha az oluşu, numunelerin SEM de incelenebilmesi, daha uniform kuvvet uygulaması, makaslama etkisini en aza indirgenmesi, bağlanma dayanım değerielerinin yüksek olarak ölçölmesine olanak sağlaması, reçine kompozitlerin bağlanma dayanımının incelenmesi, numunelerdeki bölgesel bağlanma dayanımının ölçöllebilmesi, tek bir dişte ya da çürükten etkilenmiş dentin gibi spesifik bölgelerde ölçüm yapılabilmesi ve güvenilir bir adezyon test tekniğı olması gibi bir çok avantaja sahiptir (Armstrong ve ark. 2010; Ceballos ve ark. 2003; Ciucchi 1997; Gamborgi ve ark. 2007).

Materyaller arasındaki farklılığı, makaslama bağlanma testlerine göre mikrogerilim bağlanma testiyle saptamak daha olasıdır (Sano ve ark. 1994; Perdigão 2002).

Van noort ve ark. bağlanma dayanım sonuçlarının test metoduna göre etkilerini analiz ettikleri çalışmalarında mikrogerilim ve makaslama test metodunu sonlu eleman analizi yaparak karşılaştırmışlar ve makaslama testinin test edilen numuneler üzerinde uygun olmayan stress oluşturduğunu bulmuşlardır. Buna dayanarak mikrogerilim test

metodunu tavsiye etmişlerdir (Della Bona & Van Noort 1995). Bu nedenlerle çalışmamızda bağlanma dayanım testi olarak mikrogerilim bağlanma dayanım testi seçilmiştir (Perdigão 2002; Sano ve ark. 1994).

Mikrogerilim bağlanma dayanım testinde kesitler çubuk, dumbıl, kum saati şeklinde hazırlanabilirler. Çubuk şeklindeki örnekler aşındırılmadan hazırlanırken, kum saati ya da dumbıl şeklindeki örnekler ise aşındırılarak hazırlanır. Aşındırma işleminde uygulayıcının bağlanma değerlerini etkilememesi için oldukça dikkatli davranması gerekmektedir (Salza ve ark. 2010; Ghassemieh ve ark. 2008).

Goracci ve ark. kum saati ve çubuk şeklinde numunelerin mikrogerilim bağlanma dayanımlarını karşılaştırmak amacıyla yaptıkları çalışmalarında aynı alanda kum saati şeklinde hazırlanan numunelerin çubuk şeklindeki numunelere göre daha düşük bağlanma dayanımı gösterdiklerini bulmuşlardır (Goracci ve ark. 2004).

Ghassemieh ve ark.'nın dumbıl, kum saati ve çubuk şeklinde hazırlanan numunelerde stres dağılımını inceledikleri çalışmalarında, dumbılın şeklinden dolayı merkezinde daha yüksek stres oluştuğunu, kum saati şeklindeki numunelerde diğer şeklindeki numunelere göre stresin adezyon bölgesine oluştuğunu rapor etmişlerdir. Çubuk şeklinde hazırlanan numunelerdeki stres konsantrasyonunun ise dumbıl ve kum saati şeklindeki numunelerin ikisinden de daha az olduğunu kaydetmişlerdir (Ghassemieh ve ark. 2008).

Yukarıdaki literatür bilgileri ışığında çubuk şeklindeki kesitlerin diğer kesitlere nazaran stres konsantrasyonunun daha az oluşu ve herhangi bir aşındırma gerektirmeden hazırlanması sonucunda bizim çalışmamızda da çubuk kesitli numuneler hazırlanmıştır.

ISO' nun standartlarına göre örneklerin distile suda bekletilmesi önerilmektedir. Deney örneklerinin distile su dışındaki farklı bir kimyasal maddede bekletilmesi sonucu sıvının malzemenin yapısına girerek değişikliğe neden olabileceği bildirilmiştir (ISO 2003). Bu görüşler doğrultusunda bizim çalışmamızda da örnekler 24 saat 37°C distile suda bekletilmiş ve bundan sonra mikrogerilim bağlanma dayanımı deneylerine tabi tutulmuştur.

Mikrogerilim bağlanma dayanımı testinde en sık karşılaşılan sorunlardan biri çubuk hazırlanırken bağlayıcıdan kendiliğinden ayrılan çubukların istatistiksel analize dahil edilip edilmemesi konusudur. Bu konuda araştırmacılar arasında net bir görüş birliği olmamasına karşın bazı araştırmacılar test öncesi başarısızlıkların tümünü

istatistik analize dahil edilmemesini savunmaktadırlar. Bu durumda gerçek bağlanma direnci daha yüksek elde edilebilir. Bazı araştırmacılar test öncesi başarısızlık gösteren çubuklar için 0 Mpa gibi bir değer kabul edilmesini savunmaktadırlar ki; bu şekilde sonuçların istatistiksel analize katılması durumunda bu durum gerçek bağlanma direnci değerlerini çok düşürebilmektedir. Başka bir grup araştırmacı ise önceki iki yaklaşımın bir modifikasyonu olarak, o gruba ait en düşük mikro bağlanma değeri test öncesi kopan her bir çubuğun bağlanma değeri olarak kabul edilmiş ve bu şekilde istatistik analize dahil edilmiştir (Eckert ve Platt 2007; Mine ve ark. 2009; Sarr ve ark. 2010; Van Meerbeek ve ark. 2010). Genellikle çoğu mikrogirilim çalışmasının istatistiksel analizinde mikrogirilim test cihazına girmeden kopan örnekler (Pre-test failures) değerlendirilmezler. Çünkü mikrogirilim testi öncesinde örneklerin kopmasına neden olan kuvvetlerin ayrımı tam olarak yapılamamaktadır (Reis ve ark. 2003). Bu nedenlerle bizim çalışmamızda örneklerin çubuk hazırlanırken bağlayıcıdan kendiliğinden kopan örnekler istatistiksel analize dahil edilmemiştir.

Mikrogirilim bağlanma kuvveti değerlerinin tespit edildiği tez çalışmamızda, stereomikroskop ve AFM incelemeleri ile mikrogirilim testi sonrasında meydana gelen kopma tipleri ve kopma yüzeyi görüntüleri kaydedilmiştir.

Kopma tipi analizi bağlanma dayanımı çalışmalarında kullanılan oldukça önemli bir kriterdir. Kopma tipinin belirlenmesi çalışmada kullanılan adeziv sistemin klinik performansı hakkında önemli bilgiler verir. Çalışmamızda kopma tipleri olarak adeziv kopma, kompozit reçinede görülen koheziv kopma ve nanoseraamik blokta görülen koheziv kopma olarak değerlendirilmiştir. Adeziv kopma koheziv kırığa tercih edilen bir kopma tipi olup bizim çalışmamızda da tüm ana gruplarda toplamda 840 numuneden 615'inde (%73,2) ile adeziv tip kopma çoğunluktadır. Bu sıralamayı ikinci en çok olarak 149 (%17,7) numune ile kompozit reçine de koheziv ve en az olarak da 76 numune (%9,0) ile nanoseraamik reçine blokda koheziv kopma izlemektedir. Ana gruplarda en fazla adeziv kopma %78,6 (165) oranı ile H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme grubunda görülmektedir. Elmas frezle pürüzlendirme grubunda %75,2 (158) ile ikinci en fazla adeziv kopma görülen gruptur. Bu oranları %71(149) ile EP+ H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme ve %68,1 (143) ile tribokimyasal silika kaplama grubu izlemektedir.

Çalışmamızda bulduğumuz adeziv başarısızlığın yüksek olması literatür sonuçları ile uyumludur (Düzyol ve ark. 2015 ;Peumans ve ark. 2016; Park ve ark. 2016).

AFM görüntüsü alınacak numunenin diğer görüntüleme yöntemlerine göre daha detaylı, daha büyük bir çözünmede, üç boyutlu incelenmesine olanak sağlamasının yanında yüzey pürüzlülük değerlerini de rakamsal olarak verebilmesi gibi özelliklere sahiptir. Numunelerin SEM incelemesinde yüzeyin karbon ya da altın ile kaplanması gerekirken AFM ile görüntülemeye böyle bir işleme gerek duyulmamaktadır (Tholt ve ark. 2006; Sılikas ve ark. 1999).

Erdemir ve ark. lityum disikat ile güçlendirilmiş CAD/CAM seramik materyali olan IPS e.max CAD ile yaptığı çalışmada AFM ile yüzey pürüzlülüğüne bakmışlardır. CoJet, %9.6 HF asit, Er:YAG lazer ve elmas frezle seramik yüzeyini pürüzlendirmişlerdir. Lazer grubu ve kontrol grubunda, AFM’de nispeten pürüzsüz yüzeyler ve birkaç vadi ile minimal düzensizlikler gözlemlemişlerdir. Elmas frez grubunda ise, lazer ve kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında, AFM görüntülerinde derin vadiler ve tepelerle seramik yüzeylerinde makro düzensizlikler bulunmuştur. CoJet ve HF grupları, diğer gruplara kıyasla en belirgin yüzey özelliklerine sahip bulunmuş ve elmas frez ve lazer gruplarına göre daha derin vadiler ve daha yüksek pikler ile belirgin derecede daha düzensizlikler sergilemiştir (Erdemir ve ark. 2014).

Bizim çalışmamızda da elmas frez ile pürüzlendirme grubunda yüzeyinde oldukça farklı yükselti gözlenmiş olup diğer gruplara göre yüzey dalgalı bir şekilde oldukça pürüzlüdür. Elmas frezle pürüzlendirme+H₃PO₄ grubunda düzenli çok sayıda, farklı yükseklikte ve sıkı sıkıya yerleşmiş tepe oluşumları ve çukur oluşumları vardır. Tribokimyasal silika kaplama grubunda ise materyal yüzeyi homojen olmayıp düzensiz olarak çok sayıda yükselti gözlenmektedir. Elmas frezle pürüzlendirme ve Elmas frezle pürüzlendirme+H₃PO₄ grubuna göre yüzey özellikleri daha sık olduğu gözlenmiştir. H₃PO₄ ile yüzey pürüzlendirme grubunda ise diğer gruplara nazaran yüzeyde çok fazla girinti çıkıntı ve düzensizlik görülmemektedir. Bizim çalışmamızda ise Erdemir ve ark. AFM bulgularının aksine en pürüzlü yüzey olarak elmas frezle pürüzlendirme grubunda gözlenmiştir. Sırasıyla elmas frezle pürüzlendirilmeyi takiben fosforik asit uygulanan grupta, daha sonra tribokimyasal silika kaplama grubunda ve en az yüzey pürüzlülüğü ise fosforik asitle yüzey pürüzlendirme grubunda saptatik. Bu sonuçların farklılığının kullanılan materyallerin farklı oluşuna ve çalışmamızda bizim yeşil bantlı elmas frez

kullanmamıza Erdemir ve ark.'nın ise daha az gren boyutuna sahip kırmızı bantlı elmas frez kullanmasına bağlamaktayız.

SONUÇLAR

1. Nanoseramik reçine materyali olan Lava Ultimate yüzeyine tribokimyasal silika kaplama, fosforik asitle yüzey pürüzlendirme, elmas frezle yüzey pürüzlendirilmesi ve elmas frezle yüzey pürüzlendirilmesini takiben fosforik asit uygulamasıyla oluşan dört farklı yüzey hazırlık metodu uygulanması sonucunda istatistiksel olarak en düşük mikrogerilim bağlanma dayanım değerleri fosforik asitle yüzey pürüzlendirme grubunda saptanırken istatistiksel olarak en yüksek mikrogerilim bağlanma dayanımı değerleri ise elmas frezle yüzey pürüzlendirme grubunda elde edilmiştir.
2. Farklı yüzey hazırlıklarının materyal yüzeyinin AFM ile kalitatif ve kantitatif değerlendirilmesi sonucunda en yüksek yüzey pürüzlülüğü elmas frezle yüzey pürüzlendirme grubunda gözlenmiş olup en düşük yüzey pürüzlülüğü ise fosforik asitle yüzey pürüzlendirme grubunda gözlenmiştir.
3. Çalışmada kullanılan adezivler içerisinde, tüm yüzey hazırlık grupları içerisinde universal bağlayıcı ajanlar; Scotchbond Universal ve Futurabond U daha yüksek bağlanma değerleri vermiş olup, tüm yüzey hazırlık işlemleri sonrası Adper Single Bond 2 istatistiksel olarak en düşük mikrogerilim bağlanma dayanımını sergilemiştir.
4. Tüm çalışma grupları göz önünde bulundurulduğunda gerek sadece asit ile pürüzlendirme, gerekse elmas frez ile pürüzlendirmeyi takiben fosforik asit uygulanması durumunda tüm bağlayıcılar daha düşük mikrogerilim bağlanma dayanım değerleri vermektedir.
5. Lava Ultimate materyalinin tamir protokolünde asit kullanılması tez çalışmamız sonuçlarına göre daha zayıf değerleri ortaya koyarken, asit uygulanması durumunda bağlanmayı arttırmak amacıyla adezivlerin yüzeye silan uygulaması ile kullanılmasının olumlu sonuçlanacağı görüşüne varılmıştır.
6. Lava Ultimate materyalinin tamirinde yüzey pürüzlendirme olarak fosforik asit uygulamasının bağlanma potansiyeline katkı sağlamadığı görüşüne varılmıştır.
7. Scotchbond Universal dört yüzey hazırlık uygulaması içerisinde istatistiksel olarak anlamlı en yüksek mikrogerilim bağlanma dayanımı değerlerini

tribokimyasal silika kaplama ve elmas frezle pürüzlendirme ile yüzeyde mekanik değişimlerin olduğu yüzey hazırlık gruplarında vermiş olup, en düşük mikrogerilim bağlanma dayanım değerlerini ise fosforik asitle yüzey pürüzlendirme grubunda sergilemiştir.

8. Mekanik ve kimyasal yüzey değişimini mümkün kılan tribokimyasal silika kaplama yüzey hazırlığı yapılan grupta Scotchbond Universal'in tek başına uygulandığında mikrogerilim bağlanma dayanım değerleri ile silan ile birlikte uygulandığında mikrogerilim bağlanma dayanım değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olması üzerine materyalin yüzeyin tribokimyasal silika kaplaması sonrasında silansız olarak kullanılmasının daha avantajlı olacağı sonucuna varılırken, Futurabond U adezivinin ise tribokimyasal yüzey hazırlığı yapıldığında silan uygulaması ile bağlanma etkinliğinin arttığı sonucuna varılmıştır.
9. Elmas frez ile yüzey hazırlığı yapılan grupta Futurabond U'nun tek başına kullanıldığı durumda mikrogerilim bağlanma dayanım değerleri Futurabond U'nun silanla uygulandığı durumdaki mikrogerilim bağlanma dayanım değerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Bu durumda da Lava Ultimate yüzeyine elmas frez ile yüzey hazırlığı yapıldığında Futurabond U kullanılacaksa silan uygulamasıyla beraber kullanılmalıdır.
10. Nanoseramik reçine materyalinin farklı yüzey hazırlıkları sonrasında farklı bağlayıcı ajanlarla tamir protokolünün değerlendirildiği çalışmamız sonucunda materyal yüzeyinde gerek mekanik gerekse kimyasal yüzey uygulamalarını takiben universal bağlayıcı ajanlar bağlanmayı olumlu yönde etkilemekte olup ilave silan uygulanması Adper Single Bond 2 ve Futurabond U gruplarında bağlanmayı arttırırken yapısında silan bulunduran Scotchbond Universal adezivin tek başına uygulanması ile optimum bağlanma değerlerine ulaşılmıştır.
11. AFM değerlendirilmesi sonucunda elde edilen pürüzlülük karşılaştırılması tüm gruplarda elde edilen mikrogerilim bağlanma dayanımı değerlendirilmesi ile paralellik göstermektedir.



KAYNAKLAR

- 3M Espe symposium (2014). *Key opinion leader symposium held at 3M ESPE*. Woonsocket MN, 3M ESPE.
- 3M ESPE. Lava ultimate technical product profile: 2011. Available at: <http://multimedia.3m.com/mws/media/781394O/lava-ultimate-technical-product-profile-global.pdf>. Erişim tarihi: 25 mart 2015.
- 3M Dental Products, 3M Paradigm™ MZ100 Block Technical Product Profile, Erişim 22.12.2016.
- Abate, P. F., Rodriguez, V. I., & Macchi, R. L. (2000). Evaporation of solvent in one-bottle adhesives. *Journal of Dentistry*, 28(6), 437-440.
- Akinmade, A. O., & Nicholson, J. W. (1993). Glass-ionomer cements as adhesives. *Journal of materials science: materials in medicine*, 4(2), 95-101.
- Alex, G. (2015). Universal adhesives: the next evolution in adhesive dentistry. *Compend Contin Educ Dent*, 36(1), 15-26.
- Allen, K. W. (1992). Theories of adhesion. *Handbook of adhesion*, 473-475.
- Al-Salehi, S. K., & Burke, F. J. T. (1997). Methods used in dentin bonding tests: An analysis of 50 investigations on bond strength. *Quintessence International*, 28(11).
- Alt, V., Hannig, M., Wöstmann, B., & Balkenhol, M. (2011). Fracture strength of temporary fixed partial dentures: CAD/CAM versus directly fabricated restorations. *Dental materials*, 27(4), 339-347.
- Al-Thagafi, R., Al-Zordk, W., & Saker, S. (2016). Influence of Surface Conditioning Protocols on Reparability of CAD/CAM Zirconia-reinforced Lithium Silicate Ceramic. *Journal of Adhesive Dentistry*, 18(2).
- Amaral, M., Belli, R., Cesar, P. F., Valandro, L. F., Petschelt, A., & Lohbauer, U. (2014). The potential of novel primers and universal adhesives to bond to zirconia. *Journal of dentistry*, 42(1), 90-98.
- Anusavice, K. J., (1993). Recent developments in restorative dental ceramics. *The Journal of the American Dental Association*, 124(2), 72-84.
- Armstrong, S.R., Geraldini S, Maia R, Raposo LHA, Soares CJ, Yamagawa J. (2010). Adhesion to tooth structure: A critical review of micro bond strength test methods. *Dent Mater*; 26: 50-62.

- Atsu, S. S., Kılıçarslan, M. A., Küçükeşmen, C., Aka, S.(2006). Effect of zirconium oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. *J Prosthet Dent*; **95**: 430-6.
- Attia, A., & Kern, M. (2004). Fracture strength of all-ceramic crowns luted using two bonding methods. *The Journal of prosthetic dentistry*, 91(3), 247-252.
- Awada, A., & Nathanson, D. (2015). Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. *The Journal of prosthetic dentistry*, 114(4), 587-593.
- Ayaz, D. F., Tağtekin, D., & Yanikoğlu, F. (2011). Dentine bağlanma ve değerlendirme metodlari. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 49-56.
- Barkmeier, W. W., & Cooley, R. L. (1991). Laboratory evaluation of adhesive systems. *Operative Dentistry*, 50-61.
- Barutcugil, Ç., Kürklü, D., Barutcigil, K., Arslan, H. (2013). Bond strength of the universal adhesive to dentin with different surface treatments. *J Dent Fac Atatürk Uni*, 21, 324-30.
- Beun, S., Glorieux, T., Devaux, J., Vreven, J., & Leloup, G. (2007). Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. *Dental Materials*, 23(1), 51-59.
- Binnig, G., Quate, C. F., & Gerber, C. (1986). Atomic force microscope. *Physical review letters*, 56(9), 930.
- Bisco symposium. Key opinion leader symposium held at Bisco. 2014. Chicago, IL, Bisco Inc. Ref Type: Catalog
- Blatz, M. B., Sadan, A., & Kern, M. (2002). Bonding to silica-based ceramics: clinical and laboratory guidelines. *Quintessence Dent Technol*, 25, 54-62.
- Blum, I. R., Nikolinakos, N., Lynch, C. D., Wilson, N. H., Millar, B. J., & Jagger, D. C. (2012). An in vitro comparison of four intra-oral ceramic repair systems. *Journal of dentistry*, 40(11), 906-912.
- Bonstein, T., Garlapo, D., John Jr, D., & Bush, P. J. (2005). Evaluation of varied repair protocols applied to aged composite resin. *Journal of Adhesive Dentistry*, 7(1).
- Borba, M., Della Bona, Á., & Cecchetti, D. (2009). Flexural strength and hardness of direct and indirect composites. *Brazilian oral research*, 23(1), 5-10.

- Bottino, M. C., Özcan, M., Coelho, P. G., Valandro, L. F., Bressiani, J. C., & Bressiani, A. H. A. (2008). Micro-morphological changes prior to adhesive bonding: high-alumina and glassy-matrix ceramics. *Brazilian oral research*, 22(2), 158-163.
- Brentel, A. S., Özcan, M., Valandro, L. F., Alarça, L. G., Amaral, R., & Bottino, M. A. (2007). Microtensile bond strength of a resin cement to feldspathic ceramic after different etching and silanization regimens in dry and aged conditions. *Dental materials*, 23(11), 1323-1331.
- Brosh, T., Pilo, R., Bichacho, N., & Blutstein, R. (1997). Effect of combinations of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. *The Journal of prosthetic dentistry*, 77(2), 122-126.
- Buonocore, M.G. (1955). A simple method of increasing adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res*. 34:849-853.
- Burgess, J. O., Walker, R., & Davidson, J. M. (2002). Posterior resin-based composite: review of the literature. *Pediatric dentistry*, 24(5), 465-479.
- Campos, F., Almeida, C. S., Rippe, M. P., de Melo, R. M., Valandro, L. F., & Bottino, M. A. (2016). Resin bonding to a hybrid ceramic: Effects of surface treatments and aging. *Operative dentistry*, 41(2), 171-178.
- Cardoso, P., Braga, R., Carrilho, M. (1998). Evaluation of microtensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesive systems. *Dental Materials*, 4. 394-398.
- Ceballos, L., Camejo, D.G., Fuentes, M.V., Osorio, R., Toledano, M., Carvalho, R.M., Pashley, D.H. (2003). Microtensile bond strength of total-etch and selfetching adhesives to caries-affected dentine. *J Dent* 31: 469-77.
- Cekic-Nagas, I., Ergun, G., Egilmez, F., Vallittu, P. K., & Lassila, L. V. J. (2016). Micro-shear bond strength of different resin cements to ceramic/glass-polymer CAD-CAM block materials. *Journal of prosthodontic research*, 60(4), 265-273.
- Chen, C., Trindade, F. Z., de Jager, N., Kleverlaan, C. J., & Feilzer, A. J. (2014). The fracture resistance of a CAD/CAM Resin Nano Ceramic (RNC) and a CAD ceramic at different thicknesses. *Dental materials*, 30(9), 954-962.
- Chen, L., Shen, H., & Suh, B. I. (2013). Effect of incorporating BisGMA resin on the bonding properties of silane and zirconia primers. *The Journal of prosthetic dentistry*, 110(5), 402-407.

- Chen, L., Suh, B. I., Brown, D., & Chen, X. (2012). Bonding of primed zirconia ceramics: evidence of chemical bonding and improved bond strengths. *American journal of dentistry*, 25(2), 103-108.
- Christensen, G. C. (2012). New universal adhesives (part 2)—faster, easier, better. *Clinicians Report*, 5(8), 1-3.
- Ciucchi, B. (1997). Bonding characteristics of resin composite restoration on dentin class II cavity walls, in vitro (thesis). *Geneva: Univ. de Geneva, Switzerland*.
- Clemente, A. V., Gloystein, K., & Frangis, N. (2008). Principles of Atomic Force Microscopy (AFM). *Physics of Advanced Materials. Winter School*.
- Colares, R. C. R., Neri, J. R., Souza, A. M. B. D., Pontes, K. M. D. F., Mendonca, J. S., & Santiago, S. L. (2013). Effect of surface pretreatments on the microtensile bond strength of lithium-disilicate ceramic repaired with composite resin. *Brazilian dental journal*, 24(4), 349-352.
- Craig, R. G.(2000). Direct esthetic Restorative Materials, *Dental Materials*,244-267.
- Çilingir, A.(2011). Çeşitli Adesiv Yapıştırıcı Ajanların Farklı İndirekt Restorasyonlarına Olan Bağlanma Kuvvetlerinin İn-Vitro İncelenmesi Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- D Arcangelo, C., & Vanini, L. (2007). Effect of three surface treatments on the adhesive properties of indirect composite restorations. *Journal of Adhesive Dentistry*, 9(3), 319.
- Da Costa, T. R. F., Serrano, A. M., Atman, A. P. F., Loguercio, A. D., & Reis, A. (2012). Durability of composite repair using different surface treatments. *Journal of dentistry*, 40(6), 513-521.
- Davidson, C. L., & Feilzer, A. J. (1997). Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *Journal of dentistry*, 25(6), 435-440.
- Davis, N. (2003). A nanotechnology composite. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*, 24(9), 662-665.
- Dayangaç B.(2000). *Kompozit Resin Restorasyonlar*. Güneş Kitabevi .
- De Munck, J. D., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M., & Van Meerbeek, B. (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *Journal of dental research*, 84(2), 118-132.

- De Munck, J., Shirai, K., Yoshida, Y., Inoue, S., Van Landuyt, K. L., Lambrechts, P., ... & Van Meerbeek, B. (2006). Effect of water storage on the bonding effectiveness of 6 adhesives to Class I cavity dentin. *Operative dentistry*, 31(4), 456-465.
- Della Bona A, Anusavice KJ, Shen C. (2000). Microtensile strength of composite bonded to hot-pressed ceramics. *J Adhes Dent*, 2:305-313.
- Della Bona, A., & Van Noort, R. (1995). Shear vs. tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. *Journal of Dental Research*, 74(9), 1591-1596.
- Della Bona, A., Shen, C., & Anusavice, K. J. (2004). Work of adhesion of resin on treated lithium disilicate-based ceramic. *Dental Materials*, 20(4), 338-344.
- Denissen, H., Dozić, A., van der Zel, J., & van Waas, M. (2000). Marginal fit and short-term clinical performance of porcelain-veneered Cicero, Cerec, and Procera onlays. *The Journal of prosthetic dentistry*, 84(5), 506-513.
- Denehy, G., Bouschlicher, M., & Vargas, M. (1998). Intraoral repair of cosmetic restorations. *Dental Clinics of North America*, 42(4), 719-37.
- Dérand, P., & Dérand, T. (2000). Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *International Journal of Prosthodontics*, 13(2), 131-135.
- Duzyol, M., Sagsoz, O., Polat Sagsoz, N., Akgul, N., & Yildiz, M. (2015). The Effect of Surface Treatments on the Bond Strength Between CAD/CAM Blocks and Composite Resin. *Journal of Prosthodontics*.
- Eckert, G. J., & Platt, J. A. (2007). A statistical evaluation of microtensile bond strength methodology for dental adhesives. *dental materials*, 23(3), 385-391.
- Edelhoff D, Beuer F, Schweiger J, Brix O, Stimmelmayer M, Güth JF (2012) CAD/CAM-generated high-density polymer restorations for the pretreatment of complex cases: a case report. *Quintessence Int* 43:457–467.
- El Araby, A. M., & Talic, Y. F. (2007). The effect of thermocycling on the adhesion of self-etching adhesives on dental enamel and dentin. *The journal of contemporary dental practice*, 8(2), 1-11.
- El Zohairy, A. A., De Gee, A. J., Hassan, F. M., & Feilzer, A. J. (2004). The effect of adhesives with various degrees of hydrophilicity on resin ceramic bond durability. *Dental Materials*, 20(8), 778-787.
- El Zohairy, A. A., De Gee, A. J., Mohsen, M. M., & Feilzer, A. J. (2003). Microtensile bond strength testing of luting cements to prefabricated CAD/CAM ceramic and composite blocks. *Dental Materials*, 19(7), 575-583.

- Eliasson, S. T., Tibballs, J., & Dahl, J. E. (2014). Effect of different surface treatments and adhesives on repair bond strength of resin composites after one and 12 months of storage using an improved microtensile test method. *Operative dentistry*, 39(5), E206-E216.
- Elsaka, S. E. (2014). Bond strength of novel CAD/CAM restorative materials to self-adhesive resin cement: the effect of surface treatments. *Journal of Adhesive Dentistry*, 16(6).
- Elsaka, S. E. (2015). Repair bond strength of resin composite to a novel CAD/CAM hybrid ceramic using different repair systems. *Dental materials journal*, 34(2), 161-167.
- Erdemir, A., Eldeniz. Ü.A., Belli S.(2004). Kompozit Rezinlerin Tamirinde Farklı Bonding Sistemlerin Kullanılması, Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi,7(1).
- Erdemir, U., Sancakli, H. S., Sancakli, E., Eren, M. M., Ozel, S., Yucel, T., & Yildiz, E. (2014). Shear bond strength of a new self-adhering flowable composite resin for lithium disilicate-reinforced CAD/CAM ceramic material. *The journal of advanced prosthodontics*, 6(6), 434-443.
- Eren D, Bektaş ÖÖ.,(2006) Dental adezivler, Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 9(1).
- Ergun, G., & Ataol, A. S. (2016). Seramik Tamir Sistemlerinde Güncel Yaklaşımlar: Derleme; New Approaches in Ceramic Repair Systems: Review. *Cumhuriyet Dental Journal*, 19(1), 87-110.
- Fabianelli, A., Pollington, S., Papacchini, F., Goracci, C., Cantoro, A., Ferrari, M., & van Noort, R. (2010). The effect of different surface treatments on bond strength between leucite reinforced feldspathic ceramic and composite resin. *journal of dentistry*, 38(1), 39-43.
- Fasbinder, D. J., Dennison, J. B., Heys, D. R., & Lampe, K. (2005). The Clinical Performance Of Cad/Cam-Generated Composite Inlays. *The Journal Of The American Dental Association*, 136(12), 1714-1723.
- Ferracane, J. L. (2011). Resin composite—state of the art. *Dental materials*, 27(1), 29-38.

- Ferrari, M., Goracci, G., & Garcia-Godoy, F. (1997). Bonding mechanism of three "one-bottle" systems to conditioned and unconditioned enamel and dentin. *American Journal of Dentistry*, 10(5), 224-230.
- Ferrari, M., Mannocci, F., Vichi, A., & Davidson, C. L. (1997). Effect of two etching times on the sealing ability of Clearfil Liner Bond 2 in Class V restorations. *American journal of dentistry*, 10(2), 66-70.
- Filho, A. O. D., Araújo, M. A. J. D., Bottino, M. A., Nishioka, R. S., & Menezes, M. M. (2005). Study of thermocycling effect on the bond strength between an aluminous ceramic and a resin cement. *Journal of Applied Oral Science*, 13(1), 53-57.
- Fischer, J., Grohmann, P., & Stawarczyk, B. (2008). Effect of zirconia surface treatments on the shear strength of zirconia/veneering ceramic composites. *Dental materials journal*, 27(3), 448-454.
- Foxton, R. M., Nakajima, M., Hiraishi, N., Kitasako, Y., Tagami, J., Nomura, S., & Miura, H. (2003). Relationship between ceramic primer and ceramic surface pH on the bonding of dual-cure resin cement to ceramic. *Dental Materials*, 19(8), 779-789.
- Frankenberger, R., Hartmann, V. E., Krech, M., Krämer, N., Reiche, S., Braun, A., & Roggendorf, M. (2015). Adhesive luting of new CAD/CAM materials Adhäsive Befestigung neuer CAD/CAM-Materialien. *International journal of computerized dentistry*, 18(1), 9-20.
- Frankenberger, R., Kramer, N., & Sindel, J. (2000). Repair strength of etched vs silica-coated metal-ceramic and all-ceramic restorations. *Operative dentistry*, 25(3), 209-215.
- Fukegawa, D., Hayakawa, S., Yoshida, Y., Suzuki, K., Osaka, A., & Van Meerbeek, B. (2006). Chemical interaction of phosphoric acid ester with hydroxyapatite. *Journal of Dental Research*, 85(10), 941-944.
- Gale, M. S., & Darvell, B. W. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of dentistry*, 27(2), 89-99.
- Gamborgi, G. P., Loguercio, A. D., & Reis, A. (2007). Influence of enamel border and regional variability on durability of resin–dentin bonds. *Journal of dentistry*, 35(5), 371-376.
- GC network <http://www.gcamerica.com/products/operator/CERASMART/index.php>
Erişim Tarihi: 23.12.2016

- Gerçek. A., Asar. V.N., Bal. T.B. (2012). Ağız-İçi Porselen Tamir Yöntemlerinde Güncel Yaklaşımlar: Derleme ve Olgu Sunumu, 6(2), 1192-1201.
- Ghassemieh E. (2008). Evaluation of sources of uncertainties in microtensile bond strength of dental adhesive system for different specimen geometries. *Dent Mater*; 24: 536-47.
- Giannini, M., Makishi, P., Ayres, A. P. A., Vermelho, P. M., Fronza, B. M., Nikaido, T., & Tagami, J. (2015). Self-etch adhesive systems: A literature review. *Brazilian dental journal*, 26(1), 3-10.
- Giordano, R. (2006). Materials for chairside CAD/CAM-produced restorations. *The Journal of the American Dental Association*, 137, 14S-21S.
- Gökalp, S., & Ayvaz, E. S. (2002). Dental adezivler. *TDBD*, 71, 4-10
- Goracci, C., Sadek, F. T., Monticelli, F., Cardoso, P. E., & Ferrari, M. (2004). Influence of substrate, shape, and thickness on microtensile specimens' structural integrity and their measured bond strengths. *Dental Materials*, 20(7), 643-654.
- Griggs, J. A. (2007). Recent advances in materials for all-ceramic restorations. *Dental Clinics of North America*, 51(3), 713-727.
- Guggenberger, R. (1989). Rocatec system--adhesion by tribochemical coating. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, 44(11), 874-876.
- Güler, A. U., Yılmaz, F., Yenisey, M., Güler, E., & Ural, Ç. (2006). Effect of acid etching time and a self-etching adhesive on the shear bond strength of composite resin to porcelain. *Journal of Adhesive Dentistry*, 8(1).
- Güngör, M. B., Nemli, S. K., Bal, B. T., Ünver, S., & Doğan, A. (2016). Effect of surface treatments on shear bond strength of resin composite bonded to CAD/CAM resin-ceramic hybrid materials. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 8(4), 259-266.
- Güth, J. F., & Dent, M. (2012). CAD/CAM-generated high-density polymer restorations for the pretreatment of complex cases: a case report. *Quintessence Int*, 43, 457-467.
- Güven, Y., & Aktören, O. (2014). Adezif Sistemlerin Yapısal Özelliklerinin Adezif Sistem-Dış Yüzeyi Bağlantısındaki Rolü-The Role Of The Composition Of Adhesive Systems On Adhesive System-Tooth Surface Adhesion. *Journal Of Istanbul University Faculty Of Dentistry*, 48(2), 57-65.
- Hakimeh, S., Vaidyanathan, J., Houpt, M. L., Vaidyanathan, T. K., Von Hagen, S., School, N. J. D., & Newark, N. J. (2000). Microleakage of compomer class V

- restorations: effect of load cycling, thermal cycling, and cavity shape differences. *The Journal of prosthetic dentistry*, 83(2), 194-203.
- Hanabusa, M., Mine, A., Kuboki, T., Momoi, Y., Van Ende, A., Van Meerbeek, B., & De Munck, J. (2012). Bonding effectiveness of a new 'multi-mode' adhesive to enamel and dentine. *Journal of Dentistry*, 40(6), 475-484.
- Hashimoto, M., Ohno, H., Kaga, M., Endo, K., Sano, H., & Oguchi, H. (2000). In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *Journal of Dental Research*, 79(6), 1385-1391.
- Heffernan, M. J., Aquilino, S. A., Diaz-Arnold, A. M., Haselton, D. R., Stanford, C. M., & Vargas, M. A. (2002). Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: core and veneer materials. *The journal of prosthetic dentistry*, 88(1), 10-15.
- Helvey, G. A. (2011). Adhesive dentistry: the development of immediate dentin sealing/selective etching bonding technique. *Compendium*.
- Hemadri, M., Saritha, G., Rajasekhar, V., Pachlag, K. A., Purushotham, R., & Reddy, V. K. K. (2014). Shear bond strength of repaired composites using surface treatments and repair materials: an in vitro study. *Journal of international oral health: JIOH*, 6(6), 22.
- Hickel, R., Brühaver, K., & Ilie, N. (2013). Repair of restorations—criteria for decision making and clinical recommendations. *Dental Materials*, 29(1), 28-50.
- Hickel, R., Dasch, W., Janda, R., Tyas, M., & Anusavice, K. (1998). New direct restorative materials. *International Dental Journal*, 48(1), 3-16.
- Holderegger, C., Paul, S. J., Lüthy, H., & Schärer, P. (1997). Bond strength of one-bottle dentin bonding agents on human dentin. *American journal of dentistry*, 10(2), 71-76.
- Imazato, S., Kinomoto, Y., Tarumi, H., Ebisu, S., & Tay, F. R. (2003). Antibacterial activity and bonding characteristics of an adhesive resin containing antibacterial monomer MDPB. *Dental Materials*, 19(4), 313-319.
- International Organization for standardization (ISO).(2003). Dental materials-testing of adesion to tooth structure.ISO/TS 11405.
- Jackson, R. D., & Morgan, M. (2000). The New Posterior Resins And: A Simplified Placement Technique. *The Journal of the American Dental Association*, 131(3), 375-383.

- Janda, R., Roulet, J. F., Wulf, M., & Tiller, H. J. (2003). A new adhesive technology for all-ceramics. *Dental Materials*, 19(6), 567-573.
- Jedynakiewicz, N. M., & Martin, N. (2001). The effect of surface coating on the bond strength of machinable ceramics. *Biomaterials*, 22(7), 749-752.
- Kadoma, Y. (2002). Surface Treatment Agent For Dental Metals Using A Thiirane Monomer And A Phosphoric Acid Monomer. *Dental Materials Journal*, 21(2), 156-169.
- Kamada, K., Yoshida, K., & Atsuta, M. (1998). Effect of ceramic surface treatments on the bond of four resin luting agents to a ceramic material. *The Journal of prosthetic dentistry*, 79(5), 508-513.
- Karaalioğlu OF, Duymuş Z. (2008). Diş hekimliğinde uygulanan CAD/CAM sistemleri. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg*, 18(1),25-32.
- Kassotakis, E. M., Stavridakis, M., Bortolotto, T., Ardu, S., & Krejci, I. (2015). Evaluation of the Effect of Different Surface Treatments on Luting CAD/CAM Composite Resin Overlay Workpieces. *Journal of Adhesive Dentistry*, 17(6).
- Kim, J. H., Chae, S. Y., Lee, Y., Han, G. J., & Cho, B. H. (2015). Effects of multipurpose, universal adhesives on resin bonding to zirconia ceramic. *Operative dentistry*, 40(1), 55-62.
- Kim, M. J., Kim, Y. K., Kim, K. H., & Kwon, T. Y. (2011). Shear bond strengths of various luting cements to zirconia ceramic: surface chemical aspects. *Journal of Dentistry*, 39(11), 795-803.
- Kim, R. J. Y., Woo, J. S., Lee, I. B., Yi, Y. A., Hwang, J. Y., & Seo, D. G. (2015). Performance of universal adhesives on bonding to leucite-reinforced ceramic. *Biomaterials research*, 19(1), 1.
- Kitasako, Y., Burrow, M.F., Katahira, N., Nikaido, T., Tagami, J. (2001). Shear bond strengths of three resin cements to dentine over 3 years in vitro. *Journal of Dentistry*, 29. 139-144.
- Kiyan, V. H., Saraceni, C. H. C., Silveira, B. L., Aranha, A. C. C., & Eduardo, C. P. (2007). The influence of internal surface treatments on tensile bond strength for two ceramic systems. *Operative dentistry*, 32(5), 457-465.
- Koray, F., & Yücel, T. (2002). Kompozitin ön dişlerde kullanımı. *TDBD*, 71, 16-23.

- Küçükeşmen, H. C., Küçükeşmen, Ç., Erkut, S., & Doğudatekgezener, M. (2010). Farklı Polisaj Uygulamaları Sonrasında, Kompozitlerin Yüzey Kontakt (Temas) Açısının Belirlenmesi. *SDÜ Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1(2), 62-68.
- Kugel, G. (2000). Direct and indirect adhesive restorative materials: a review. *American journal of dentistry*, 13(Spec No), 35D-40D.
- Kukiattrakoon, B., & Thammasitboon, K. (2012). Optimal acidulated phosphate fluoride gel etching time for surface treatment of feldspathic porcelain: on shear bond strength to resin composite. *Eur J Dent*, 6(1), 63-69.
- Kussano, C. M., Bonfante, G., Batista, J. G., & Pinto, J. H. N. (2003). Evaluation of shear bond strength of composite to porcelain according to surface treatment. *Brazilian dental journal*, 14(2), 132-135.
- Labella, R., Lambrechts, P., Van Meerbeek, B., & Vanherle, G. (1999). Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Dental materials*, 15(2), 128-137.
- Lauvahutanon, S., Takahashi, H., Shiozawa, M., Iwasaki, N., ASAKAWA, Y., Oki, M., ... & Arksornnukit, M. (2014). Mechanical properties of composite resin blocks for CAD/CAM. *Dental materials journal*, 33(5), 705-710.
- Lava Precision Solutions, (2013). *Clinical Handling Guidelines for Dentists and Labs*, 3M ESPE.
- Leibrock, A., Degenhart, M., Behr, M., Rosentritt, M., & Handel, G. (1999). In vitro study of the effect of thermo- and load- cycling on the bond strength of porcelain repair systems. *Journal of oral rehabilitation*, 26(2), 130-137.
- Leinfelder, K.F. (2005). Indirect posterior composite resins Compendium of Continuing Education in Dentistry 26(7) 495-503.
- Li, R. W. K., Chow, T. W., & Matinlinna, J. P. (2014). Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *Journal of prosthodontic research*, 58(4), 208-216.
- Li, R., Sun, Y. C., Wang, C., & Gao, P. (2014). Bonding of an opaque resin to silane-treated porcelain. *Bio-medical materials and engineering*, 24(6), 2117-2125.
- Lise, D. P., Perdigão, J., Van Ende, A., Zidan, O., & Lopes, G. C. (2015). Microshear bond strength of resin cements to lithium disilicate substrates as a function of surface preparation. *Operative dentistry*, 40(5), 524-532.

- Liu, P. R. (2005). A panorama of dental CAD/CAM restorative systems. *Compendium*, 26(7), 507-513.
- Loguercio, A. D., de Oliveira Bauer, P. R., Reis, D. A., & Grande, P. H. M. (2004). In vitro microleakage of packable composites in Class II restorations. *Quintessence Int*, 35, 29-34.
- Loguercio, A. D., Reis, A., Mazzocco, K. C., Dias, A. L., Busato, A. L. S., da Motta Singer, J., & Rosa, P. (2002). Microleakage in class II composite resin restorations: total bonding and open sandwich technique. *Journal of Adhesive Dentistry*, 4(2).
- Loomans, B. A. C., Cardoso, M. V., Roeters, F. J. M., Opdam, N. J. M., De Munck, J., Huysmans, M. C. D. N. J. M., & Van Meerbeek, B. (2011). Is there one optimal repair technique for all composites?. *Dental Materials*, 27(7), 701-709.
- Lucena-Martín, C., González-López, S., & de Mondelo, J. M. N. R. (2001). The effect of various surface treatments and bonding agents on the repaired strength of heat-treated composites. *The Journal of prosthetic dentistry*, 86(5), 481-488.
- Lung, C. Y. K., & Matinlinna, J. P. (2012). Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: an overview. *Dental materials*, 28(5), 467-477.
- Luthra, R., & Kaur, P. (2016). An insight into current concepts and techniques in resin bonding to high strength ceramics. *Australian dental journal*, 61(2), 163-173.
- Makishi, P., André, C. B., Silva, J. L. E., Bacelar-Sá, R., Correr-Sobrinho, L., & Giannini, M. (2016). Effect of Storage Time on Bond Strength Performance of Multimode Adhesives to Indirect Resin Composite and Lithium Disilicate Glass Ceramic. *Operative Dentistry*, 41(5), 541-551.
- Manhart J, Neuerer P, Scheibenbogen-Fuchsbrunner A & Hickel R (2000) Three-year clinical evaluation of direct and indirect composite restorations in posterior teeth *Journal of Prosthetic Dentistry* 84(3) 289-296.
- Matinlinna, J. P., & Vallittu, P. K. (2007). Bonding of resin composites to etchable ceramic surfaces—an insight review of the chemical aspects on surface conditioning. *Journal of oral rehabilitation*, 34(8), 622-630.
- Matinlinna, J. P., Lassila, L. V., Özcan, M., Yli-Urpo, A., & Vallittu, P. K. (2004). An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. *International Journal of Prosthodontics*, 17(2).
- McLean, J. W. (1998). The pioneers of enamel and dentin bonding.

- Mehl, A., Ender, A., Mörmann, W., & Attin, T. H. (2009). Accuracy testing of a new intraoral 3D camera. *Int J Comput Dent*, 12(1), 11-28.
- Melo, R. M. D., Valandro, L. F., & Bottino, M. A. (2007). Microtensile bond strength of a repair composite to leucite-reinforced feldspathic ceramic. *Brazilian dental journal*, 18(4), 314-319.
- Miara, P. (1998). Aesthetic guidelines for second-generation indirect inlay and onlay composite restorations. *Practical periodontics and aesthetic dentistry: PPAD*, 10(4), 423-31.
- Mills, R. W. (1995). Blue light emitting diodes-another method of light curing. *Br Dent J*, 178, 169.
- Mine, A., De Munck, J., Cardoso, M. V., Van Landuyt, K. L., Poitevin, A., Kuboki, T., & Veerkamp, J. S. (2009). Bonding effectiveness of two contemporary self-etch adhesives to enamel and dentin. *Journal of dentistry*, 37(11), 872-883.
- Mironov, V. L. (2004). Fundamentals of scanning probe microscopy. *Moscow: Technosfera*, 144.
- Mitra, S.B., Wu, D., Holmes, B.N. (2003). An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J. Am. Dent. Assoc.*, 134: 1382-1389.
- Mohamed, F. F., Finkelman, M., Zandparsa, R., Hirayama, H., & Kugel, G. (2014). Effects of Surface Treatments and Cement Types on the Bond Strength of Porcelain- to- Porcelain Repair. *Journal of Prosthodontics*, 23(8), 618-625.
- Morley, F., & Stockwell, P. B. (1977). A simple thermal cycling device for testing dental materials. *Journal of dentistry*, 5(1), 39-41.
- Mörmann, W. H. (2006). The evolution of the CEREC system. *The Journal of the American Dental Association*, 137, 7S-13S.
- Mörmann, W. H., & Bindl, A. (2002). All-ceramic, chair-side computer-aided design/computer-aided machining restorations. *Dental Clinics of North America*, 46(2), 405-426.
- Murchison, D. F., Chan, D. C., & Cooley, R. L. (2001). Direct anterior restorations. *Summitt JB, Robbins JW, Hilton TJ, Schwartz RS. Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach. 2nd ed. Singapore: Quintessence*, p236-238.
- Nakabayashi, N., & Takarada, K. (1992). Effect of HEMA on bonding to dentin. *Dental Materials*, 8(2), 125-130.

- Nakamura, S., Yoshida, K., Kamada, K., & Atsuta, M. (2004). Bonding between resin luting cement and glass infiltrated alumina- reinforced ceramics with silane coupling agent. *Journal of oral rehabilitation*, 31(8), 785-789.
- Nandini, S. (2010). Indirect resin composites. *Journal of Conservative Dentistry*, 13(4), 184.
- Nayır, E. (1999). Dişhekimliği Maddeler Bilgisi. *Dişhekimliği fak. Yayın*, (4019), 120-150.
- Neis, C. A., Albuquerque, N. L. G., Albuquerque, I. D. S., Gomes, E. A., Souza-Filho, C. B. D., Feitosa, V. P., ... & Bacchi, A. (2015). Surface treatments for repair of feldspathic, leucite-and lithium disilicate-reinforced glass ceramics using composite resin. *Brazilian dental journal*, 26(2), 152-155.
- Nelsen, R. J., Paffenbarger, G. C., & Wolcott, R. B. (1952). Fluid exchange at the margins of dental restorations. *The Journal of the American Dental Association*, 44(3), 288-295.
- Nikaido, T., Kunzelmann, K.H., Chen, H., Ogata, M., Harada, N., Yamaguchi, S., Cox, C.F., Hickel, R., Tagami, J. (2002). Evaluation of thermal cycling and mechanical loading on bond strength of a self-etching primer system to dentin. *Dental Materials*, **18**. 269–275.
- Nishiyama, N., Tay, F. R., Fujita, K., Pashley, D. H., Ikemura, K., Hiraishi, N., & King, N. M. (2006). Hydrolysis of functional monomers in a single-bottle self-etching primer—correlation of ¹³C NMR and TEM findings. *Journal of dental research*, 85(5), 422-426.
- Nobuaki, A., Keiichi, Y., & Takashi, S. (2015). Effects of air abrasion with alumina or glass beads on surface characteristics of CAD/CAM composite materials and the bond strength of resin cements. *Journal of Applied Oral Science*, 23(6), 629-636.
- O'Brien, W.J., *Dental Materials and Their Selection*. 4th edition. Quintessence Publishing Corp. Canada, 2008.
- Oliveira, S. S., Marshall, S. J., Hilton, J. F., & Marshall, G. W. (2002). Etching kinetics of a self-etching primer. *Biomaterials*, 23(20), 4105-4112.
- Oskoe, P. A., Kimyai, S., Talatahari, E., Rikhtegaran, S., Pournaghi-Azar, F., & Oskoe, J. S. (2014). Effect of mechanical surface treatment on the repair bond strength of the silorane-based composite resin. *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects*, 8(2), 61.

- Öz, F.D. (2015) Cad/Cam Sistemi Ve Yüksek Isıda Presleme Yöntemi İle Üretilen Porselen İnleylerin Kenar Uyumu Ve Kırılma Dayanıklılığı Açısından Değerlendirilmesi Doktora Tezi Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Özakar-Ilday, N., Zorba, Y. O., Yildiz, M., Erdem, V., Seven, N., & Demirbuga, S. (2013). Three-year clinical performance of two indirect composite inlays compared to direct composite restorations. *Medicina oral, patologia oral cirugia bucal*, 18(3), e521-8.
- Özcan M, Vallittu P. (2003). Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dent Mater*, 19:725-731.
- Özcan, M. (2002). The use of chairside silica coating for different dental applications: a clinical report. *The Journal of prosthetic dentistry*, 87(5), 469-472.
- Özcan, M. (2003). Adhesion of resin composites to biomaterials in dentistry: an evaluation of surface conditioning methods. *University Library Groningen*, 143-144.
- Özcan, M., Nijhuis, H., & Valandro, L. F. (2008). Effect of various surface conditioning methods on the adhesion of dual-cure resin cement with MDP functional monomer to zirconia after thermal aging. *Dental Materials Journal*, 27(1), 99-104.
- Özcan, M., Valandro, L. F., Amaral, R., Leite, F., & Bottino, M. A. (2009). Bond strength durability of a resin composite on a reinforced ceramic using various repair systems. *dental materials*, 25(12), 1477-1483.
- Palmer, D. S., Barco, M. T., & Billy, E. J. (1992). Temperature extremes produced orally by hot and cold liquids. *The Journal of prosthetic dentistry*, 67(3), 325-327.
- Panah, F. G., Rezai, S. M. M., & Ahmadian, L. (2008). The Influence of Ceramic Surface Treatments on the Micro- shear Bond Strength of Composite Resin to IPS Empress 2. *Journal of Prosthodontics*, 17(5), 409-414.
- Park, J. H., & Choi, Y. S. (2016). Microtensile bond strength and micromorphologic analysis of surface-treated resin nanoceramics. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 8(4), 275-284.
- Pashley, D. H., & Carvalho, R. M. (1997). Dentine permeability and dentine adhesion. *Journal of dentistry*, 25(5), 355-372.
- Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2001). Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives: Part II: etching effects on unground enamel. *Dental Materials*, 17(5), 430-444.

- Pashley, D. H., Carvalho, R. M., Sano, H., Nakajima, M., Yoshiyama, M., Shono, Y., ... & Tay, F. (1999). The microtensile bond test: A review. *Journal of Adhesive Dentistry*, 1(4).(a)
- Pashley, D. H., Sano, H., Ciucchi, B., Yoshiyama, M., & Carvalho, R. M. (1995). Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dental Materials*, 11(2), 117-125.
- Pashley, D. H., Tay, F. R., Breschi, L., Tjäderhane, L., Carvalho, R. M., Carrilho, M., & Tezvergil-Mutluay, A. (2011). State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dental materials*, 27(1), 1-16.
- Pashley, D.H., Carvalho, R.M., Sano, H. (1999). The microtensile bond test : A review. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 1. 299-309. (b)
- Perdigão, J. (2002). Dentin bonding as a function of dentin structure. *Dental Clinics of North America*, 46(2), 277-301.
- Perdigao, J. (2007). New developments in dental adhesion. *Dental Clinics of North America*, 51(2), 333-357.
- Perdigão, J., Sezinando, A., & Monteiro, P. C. (2012). Laboratory bonding ability of a multi-purpose dentin adhesive. *American journal of dentistry*, 25(3), 153-158.
- Perdigao, J., Swift Jr, E. J., Roberson, T. M., Heymann, H. O., & Swift Jr, E. J. (2002). Fundamental concepts of enamel and dentin adhesion. *Sturdevant's Art & Science of Operative Dentistry*, 4, 237-68.
- Pereira, S. G., Fulgêncio, R., Nunes, T. G., Toledano, M., Osorio, R., & Carvalho, R. M. (2010). Effect of curing protocol on the polymerization of dual-cured resin cements. *dental materials*, 26(7), 710-718.
- Peumans, M., De Munck, J., Van Landuyt, K., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2007). Five-year clinical effectiveness of a two-step self-etching adhesive. *Journal of Adhesive Dentistry*, 9(1), 7-10.
- Peumans, M., Hikita, K., De Munck, J., Van Landuyt, K., Poitevin, A., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2007). Effects of ceramic surface treatments on the bond strength of an adhesive luting agent to CAD–CAM ceramic. *Journal of dentistry*, 35(4), 282-288.
- Peumans, M., Kanumilli, P., De Munck, J., Van Landuyt, K., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2005). Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dental materials*, 21(9), 864-881.

- Peumans, M., Valjakova, E. B., De Munck, J., Mishevskaja, C. B., & Van Meerbeek, B. (2016). Bonding Effectiveness of Luting Composites to Different CAD/CAM Materials. *The journal of adhesive dentistry*.
- Peutzfeldt, A. (1997). Resin composites in dentistry: the monomer systems. *Eur. J. Oral. Sci.*, 105:97-116.
- Phillips, R. W. (1991). Skinner's. *Science of Dental Materials*. 9th ed. Philadelphia: WB Saunders.
- Phrukkanon, S., Burrow, M. F., & Tyas, M. J. (1998). The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. *Dental Materials*, 14(3), 212-221.
- Phrukkanon, S., Burrow, M. F., & Tyas, M. J. (1999). The effect of dentine location and tubule orientation on the bond strengths between resin and dentine. *Journal of dentistry*, 27(4), 265-274.
- Piasecik, J. R., Swift, E. J., Braswell, K., & Stoner, B. R. (2012). Surface fluorination of zirconia: adhesive bond strength comparison to commercial primers. *Dental Materials*, 28(6), 604-608.
- Piowarczyk, A., Ottl, P., Lauer, H. C., & Kuretzky, T. (2005). A Clinical Report and Overview of Scientific Studies and Clinical Procedures Conducted on the 3M ESPE Lava™ All- Ceramic System. *Journal of Prosthodontics*, 14(1), 39-45.
- Plant CG, Jones DW, Darvell BW. (1974). The heat evolved and temperatures attained during setting of restorative materials. *Br Dent J*, 137(6):233-238.
- Poticny, D. J., & Klim, J. (2010). CAD/CAM in-office technology: innovations after 25 years for predictable, esthetic outcomes. *The Journal of the American Dental Association*, 141, 5S-9S.
- Quaas, S., Rudolph, H., & Luthardt, R. G. (2007). Direct mechanical data acquisition of dental impressions for the manufacturing of CAD/CAM restorations. *Journal of dentistry*, 35(12), 903-908.
- Rawls, K.J., Esquivel-Upshaw, J. (2003). Restorative resins. Anusavice, KJ. Phillips' Science Of Dental Materials 11th Ed., St. Louis: W.B. Saunders, p. : 399- 437.
- Re, D., Augusti, G., Merlati, G., Gianni, A. B., & Augusti, D. (2015). Effect of thermal cycling and low pressure sandblasting on the bond strength of a self-adhesive cement to Y-TZP zirconia. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 29(16), 1745-1757.

- Reis, A., Loguercio, A. D., Azevedo, C. L. N., de Carvalho, R. M., Singer, J. D. M., & Grande, R. H. M. (2003). Moisture spectrum of demineralized dentin for adhesive systems with different solvent bases. *Journal of Adhesive Dentistry*, 5(3).
- Reiss, B. (2001). Long-term clinical performance of CEREC restorations and the variables affecting treatment success. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*, 22(6 Suppl), 14-18.
- Robbins, J. W. (1997). Intraoral repair of the fractured porcelain restoration. *Operative dentistry*, 23(4), 203-207.
- Roberson, T., Heymann, H. O., & Swift Jr, E. J. (2006). Sturdevant's art and science of operative dentistry. Elsevier Health Sciences.
- Roberson, T.M., Heymann, H.O., Swift, E.J.. (2012) Sturdevant's Art & Science of Operative Dentistry. Missouri: Mosby, Inc.
- Roperto, R., Akkus, A., Akkus, O., Lang, L., Sousa-Neto, M. D., Teich, S., & Porto, T. S. (2016). Effect of different adhesive strategies on microtensile bond strength of computer aided design/computer aided manufacturing blocks bonded to dentin. *Dental research journal*, 13(2), 117.
- Roulet JF, Söderholm KJ, Longmate J. (1995). Effects of treatment and storage conditions on ceramic/composite bond strength. *J Dent Res*, 74(1):381-387.
- Ruse, N. D., & Sadoun, M. J. (2014). Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. *Journal of dental research*, 93(12), 1232-1234.
- Sadek, F. T., Goracci, C., Cardoso, P. E. C., Tay, F. R., & Ferrari, M. (2005). Microtensile bond strength of current dentin adhesives measured immediately and 24 hours after application. *Journal of Adhesive Dentistry*, 7(4).
- Şahin E, Aktaş G, Özcan N, Aydın D, Akça K. (2009). Restoratif Diş Hekimliğinde CAD-CAM Laboratuvar uygulamaları:Sirona inLab Sistemi. *Hacettepe Diş Hek Fak Derg*, 33(4):41-46.
- Sakaguchi, R. L., & Powers, J. M. (2012). *Craig's restorative dental materials*. Elsevier Health Sciences.
- Salza, U., Bock, T. (2010). Testing adhesion of direct restoratives to dental hard tissue A Review. *J. Adhes Dent* 12: 343-71.
- Sancaklı, H. Ş. (2010). Dentin Bağlayıcı Sistemler Ve Hibrid Tabakanın Oluşturulması/Dentin Bonding Systems And Hybridization. *Journal Of Istanbul University Faculty Of Dentistry*, 44(3), 189.

- Sano, H., Shono, T., Sonoda, H., Takatsu, T., Ciucchi, B., Carvalho, R., & Pashley, D. H. (1994). Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength—evaluation of a micro-tensile bond test. *Dental Materials*, 10(4), 236-240.
- Saraç, D., Saraç, Y. S., Külünk, S., & Erkoçak, A. (2013). Effect of various surface treatments on the bond strength of porcelain repair. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 33(4).
- Saraçoğlu, A., Cura, C., & Cötert, H. S. (2004). Effect of various surface treatment methods on the bond strength of the heat- pressed ceramic samples. *Journal of oral rehabilitation*, 31(8), 790-797.
- Sarr, M., Mine, A., De Munck, J., Cardoso, M. V., Kane, A. W., Vreven, J., ve ark. (2010). Immediate bonding effectiveness of contemporary composite cements to dentin. *Clinical oral investigations*, 14(5), 569-577.
- Sattabanasuk, V., Charnchairerk, P., Punsukumtana, L., & Burrow, M. F. (2016). Effects of mechanical and chemical surface treatments on the resin- glass ceramic adhesion properties. *Journal of investigative and clinical dentistry*.
- Schmid-Schwap, M., Graf, A., Preinerstorfer, A., Watts, D. C., Piehslinger, E., & Schedle, A. (2011). Microleakage after thermocycling of cemented crowns—A meta-analysis. *dental materials*, 27(9), 855-869.
- Schwartz, R. S., Summitt, J. B., Robbins, J. W., & Dos Santos Jr, J. (1996). *Fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach*. Quintessence Pub Co.
- Seabra, B., Arantes-Oliveira, S., & Portugal, J. (2014). Influence of multimode universal adhesives and zirconia primer application techniques on zirconia repair. *The Journal of prosthetic dentistry*, 112(2), 182-187.
- Shahverdi, S., Canay, S., Sahin, E., Bilge, A. (1998). Effects of Different Surface Treatment Methods on The Bond Strength of Composite Resin to Porcelain. *Journal of Oral Rehabilitation*, 25, 699-705.
- Sheth, J., Jensen, M., & Tolliver, D. (1988). Effect of surface treatment on etched porcelain bond strength to enamel. *Dental Materials*, 4(6), 328-337.
- Shimada, Y., Yamaguchi, S., & Tagami, J. (2002). Micro-shear bond strength of dual-cured resin cement to glass ceramics. *Dental Materials*, 18(5), 380-388.

- Shiu, P., De Souza-Zaroni, W. C., Eduardo, C. D. P., & Youssef, M. N. (2007). Effect of feldspathic ceramic surface treatments on bond strength to resin cement. *Photomedicine and laser surgery*, 25(4), 291-296.
- Shortall, A. C. (1982). Microleakage, marginal adaptation and composite resin restorations. *British dental journal*, 153(6), 223.
- Silikas, N., Watts, D. C., England, K. E. R., & Jandt, K. D. (1999). Surface fine structure of treated dentine investigated with tapping mode atomic force microscopy (TMAFM). *Journal of dentistry*, 27(2), 137-144.
- Siqueira, F., Millán Cárdenas, A., Gutiérrez Reyes, M., Malaquias, P., Hass, V., Reis, A., ... & Perdigao, J. (2016). Laboratory Performance of Universal Adhesive Systems for Luting CAD/CAM Restorative Materials.
- Sirona. (2015). 5 ekim 2015. Ağ Sitesi: <http://www.sirona.com/en/products/digital-dentistry/cerecchairside-solutions/?tab=241>
- Söderholm, K. J. (2007). Dental adhesives... how it all started and later evolved. *J Adhes Dent*, 9(Suppl 2), 227-230.
- Sorensen JA, Engelman MJ, Torres TJ, Avera SP. (1991). Shear bond strength of composite resin to porcelain. *Int J Prosthodont*, 4:17-23.
- Spitznagel, F. A., Horvath, S. D., Guess, P. C., & Blatz, M. B. (2014). Resin bond to indirect composite and new ceramic/polymer materials: a review of the literature. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 26(6), 382-393.
- Stawarczyk B, Basler T, Ender A, Roos M, Özcan M, Hämmerle C (2012) Effect of surface conditioning with airborne-particle abrasion on the tensile strength of polymeric CAD/CAM crowns luted with self-adhesive and conventional resin cements. *J Prosthet Dent* 107:94–101.
- Stawarczyk, B., Ender, A., Trottmann, A., Özcan, M., Fischer, J., & Hämmerle, C. H. (2012). Load-bearing capacity of CAD/CAM milled polymeric three-unit fixed dental prostheses: effect of aging regimens. *Clinical oral investigations*, 16(6), 1669-1677.
- Stawarczyk, B., Krawczuk, A., & Ilie, N. (2015). Tensile bond strength of resin composite repair in vitro using different surface preparation conditionings to an aged CAD/CAM resin nanoceramic. *Clinical oral investigations*, 19(2), 299-308.
- Stawarczyk, B., Trottmann, A., Hämmerle, C. H. F., & Özcan, M. (2013). Adhesion of veneering resins to polymethylmethacrylate-based CAD/CAM polymers after

- various surface conditioning methods. *Acta Odontologica Scandinavica*, 71(5), 1142-1148.
- Staxrud, F., & Dahl, J. E. (2011). Role of bonding agents in the repair of composite resin restorations. *European journal of oral sciences*, 119(4), 316-322.
- Strub, J. R., Rekow, E. D., & Witkowski, S. (2006). Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *The Journal of the American Dental Association*, 137(9), 1289-1296.
- Suh, B. I. (2013). *Principles of Adhesion Dentistry: A Theoretical and Clinical Guide for Dentists*. AEGIS Communications.
- Suh, B. I., Feng, L., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2003). Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically-cured or dual-cured composites. Part III. Effect of acidic resin monomers. *Journal of Adhesive Dentistry*, 5(4).
- Suh, B. I., Shah, M., & Chen, L. (2014). Additional resin or acidic monomer inhibits silane primer. *J Dent Res*, 93.
- Sun, R., Suansuwan, N., Kilpatrick, N., & Swain, M. (2000). Characterisation of tribochemically assisted bonding of composite resin to porcelain and metal. *Journal of dentistry*, 28(6), 441-445.
- Swift, E. J. (2002). Dentin/enamel adhesives: review of the literature. *Pediatric dentistry*, 24(5), 456-461.
- Swift, E. J., Perdigao, J., & Heymann, H. O. (1995). Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art, *Quintessence International*, 26(2): 95–110.
- Tabatabaei, M. H., Alizade, Y., & Taalim, S. (2004). Effect of various surface treatment on repair strength of composite resin. *Journal of Dentistry of Tehran University of Medical Sciences*, 1(4), 5-11.
- Tagami, J., Nikaido, T., Nakajima, M., & Shimada, Y. (2010). Relationship between bond strength tests and other in vitro phenomena. *dental materials*, 26(2), e94-e99.
- Tanumiharja, M., Burrow, M. F., & Tyas, M. J. (2000). Microtensile bond strengths of seven dentin adhesive systems. *Dental Materials*, 16(3), 180-187.
- Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2001). Aggressiveness of contemporary self-etching systems: I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dental Materials*, 17(4), 296-308.

- Tekçe, N., Pala, K., Demirci, M., & Tuncer, S. (2016). Influence of different composite materials and cavity preparation designs on the fracture resistance of mesio-occluso-distal inlay restoration. *Dental materials journal*, 35(3), 523-531.
- Tezvergil, A., Lassila, L. V. J., & Vallittu, P. K. (2003). Composite-composite repair bond strength: effect of different adhesion primers. *Journal of dentistry*, 31(8), 521-525.
- Tholt, B., Miranda-Júnior, W. G., Prioli, R., Thompson, J., Oda, M. (2006). Surface Roughness In Ceramics With Different Finishing Techniques Using Atomic Force Microscope And Profilometer. *Oper.Dent.*, 31: 442-9.
- Thompson, J. Y., Stoner, B. R., Piascik, J. R., & Smith, R. (2011). Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: where are we now?. *Dental Materials*, 27(1), 71-82.
- Thonemann, B., Federlin, M., Schmalz, G., & Grundler, W. (1999). Total bonding vs selective bonding: Marginal adaptation of Class 2 composite restorations. *Operative dentistry*, 24, 261-271.
- Toman, M., Toksavul, S., & Akin, A. (2008). Bond Strength of All-Ceramics to Tooth Structure Using New Luting Systems. *Journal of Adhesive Dentistry*, 10(5).
- Torney, D. L. (1978). The retentive ability of acid-etched dentin. *The Journal of prosthetic dentistry*, 39(2), 169-172.
- Touati, B., & Aidan, N. (1997). Second generation laboratory composite resins for indirect restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 9(3), 108-118.
- Trushkowsky, R. D.(2001). Composite Resin: Fundamentals and Direct Technique Restorations. Aschheim KW, Dale BG. *Esthetic Dentistry: A Clinical Approach to Techniques and Materials*. , Eds. 2nd Ed., USA: Mosby, 2001: p. 69-94.
- Tsitrou, E. A., Northeast, S. E., & van Noort, R. (2007). Brittleness index of machinable dental materials and its relation to the marginal chipping factor. *Journal of dentistry*, 35(12), 897-902.
- Tuncer, D.(2016) Üç Farklı Indirekt Restorasyon Materyaline Uygulanan Yüzey Hazırlığı Ve Simantasyon Tekniklerinin Mikrogerilim Bağlanma Değerlerine Etkisi Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Tyas, M. J., & Burrow, M. F. (2004). Adhesive restorative materials: a review. *Australian Dental Journal*, 49(3), 112-121.

- Tylka, D. F., & Stewart, G. P. (1994). Comparison of acidulated phosphate fluoride gel and hydrofluoric acid etchants for porcelain-composite repair. *The Journal of prosthetic dentistry*, 72(2), 121-127.
- Uluakay, M., İnan, H., Arhun, N., & Yamanel, K. (2011). Kompozit rezinler ve polimerizasyon büzülmesi. *ADO (Ankara Diş Hek. Odası) Klinik Bilimler Dergisi*, 5(2), 895-902.
- Uludamar, A., Akalin, B., & Ozkan, Y. K. (2011). Zirkonyum esaslı tam seramik restorasyonlarda simantasyon öncesi yüzey hazırlıkları. *Cumhuriyet Dental Journal*, 14(2), 140-153.
- Ural C. (2011). Diş hekimliği pratiğinde tamamı seramik ve Cad/Cam uygulamaları, 86(1):27-38.
- Ural, Ç., Külünk, T., Külünk, Ş., Kurt, M., & Baba, S. (2011). Determination of resin bond strength to zirconia ceramic surface using different primers. *Acta Odontologica Scandinavica*, 69(1), 48-53.
- Usumez, A., & Aykent, F. (2003). Bond strengths of porcelain laminate veneers to tooth surfaces prepared with acid and Er, Cr: YSGG laser etching. *The Journal of prosthetic dentistry*, 90(1), 24-30.
- Vahabi, S., Salman, B. N., & Javanmard, A. (2013). Atomic force microscopy application in biological research: a review study. *Iranian journal of medical sciences*, 38(2), 76.
- Valandro LF, Della Bona A, Bottino MA, Neisser MP. (2005). The effect of ceramic surface treatment on bonding to densely sintered alumina ceramic. *J Prosthet Dent*, 93(3):253-259.
- Valandro, L. F., Pelogia, F., Galhano, G., Bottino, M. A., & Mallmann, A. (2007). Surface Conditioning of a Composite Used for Inlay/Onlay Restorations: Effect on μ TBS to Resin Cement. *Journal of Adhesive Dentistry*, 9(6).
- Valente, L. L., Silva, M. F., Fonseca, A. S., Münchow, E. A., Isolani, C. P., & Moraes, R. R. (2015). Effect of Diamond Bur Grit Size on Composite Repair. *Journal of Adhesive Dentistry*, 17(3).
- Van Dijken, J. W., & Ho, P. (1986). In vivo adaptation of restorative materials to dentin. *The Journal of prosthetic dentistry*, 56(6), 677-681.

- Van Landuyt, K. L., De Munck, J., Snauwaert, J., Coutinho, E., Poitevin, A., Yoshida, Y., ... & Van Meerbeek, B. (2005). Monomer-solvent phase separation in one-step self-etch adhesives. *Journal of dental research*, 84(2), 183-188.
- Van Landuyt, K. L., Snauwaert, J., De Munck, J., Peumans, M., Yoshida, Y., Poitevin, A., ... & Van Meerbeek, B. (2007). Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*, 28(26), 3757-3785.
- Van Landuyt, K. L., Yoshida, Y., Hirata, I., Snauwaert, J., De Munck, J., Okazaki, M., ... & Van Meerbeek, B. (2008). Influence of the chemical structure of functional monomers on their adhesive performance. *Journal of Dental Research*, 87(8), 757-761.
- Van Landuyt, K., De Munck, J., Coutinho, E., Peumans, M., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2005). Bonding to dentin: smear layer and the process of hybridization. In *Dental Hard Tissues and Bonding* (pp. 89-122). Springer Berlin Heidelberg.
- Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G. (2003). Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*, 28(3):215-235.
- Van Meerbeek, B., Inoue, S., Perdigao, J., Lambrechts, P., & Vanherle, G. (2001). Enamel and dentin adhesion. *Fundamentals of Operative Dentistry*, 178-235.
- Van Meerbeek, B., Peumans, M., Poitevin, A., Mine, A., Van Ende, A., Neves, A., & De Munck, J. (2010). Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental Materials*, 26(2), e100-e121.
- Van Meerbeek, B., Van Landuyt, K., De Munck, J., Hashimoto, M., Peumans, M., Lambrechts, P., ... & Suzuki, K. (2005). Technique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dental materials journal*, 24(1), 1-13.
- Van Meerbeek, B., Vargas, M., Inoue, S., Yoshida, Y., Peumans, M., Lambrechts, P., & Vanherle, G. (2001). Adhesives and cements to promote preservation dentistry. *Operative dentistry*, 26, 119-144.
- Van Noort, R. (2002). *Introduction to Dental Materials*. 2nd Ed. London, England: Mosby Int. Pub. Ltd., p.: 96-123.
- Vargas, M. A., Bergeron, C., & Diaz-Arnold, A. (2011). Cementing all-ceramic restorations: recommendations for success. *The Journal of the American Dental Association*, 142, 20S-24S.

- Vita Enamic. Vita Enamic Concept Brochure. Available at https://www.vita-zahnfabrik.com/datei.php?src=portal/sap/dateien/c/cc0/cc0c01/Konzeptbroschuere/VITA_10024E_ENAMIC_PS_EN_V02.pdf
- Watanabe, I., & Nakabayashi, N. (1993). Bonding durability of photocured phenyl-P in TEGDMA to smear layer-retained bovine dentin. *Quintessence International*, 24(5), 335-342.
- Wegner, S. M., Gerdes, W., & Kern, M. (2002). Effect of different artificial aging conditions on ceramic-composite bond strength. *International Journal of Prosthodontics*, 15(3).
- Wolf, D. M., Powers, J. M., & O'keefe, K. L. (1993). Bond strength of composite to etched and sandblasted porcelain. *American journal of dentistry*, 6(3), 155-158.
- Xible, A. A., De Jesus Tavaréz, R. R., De Araujo Cdos, R., Bonachela W. C. (2006). Effect of silica coating and silanization on flexural and composite-resin bond strengths of zirconia posts: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* (95): 224-9.
- Yap, A. U. J., Tan, C. H., & Chung, S. M. (2004). Wear behavior of new composite restoratives. *Operative Dentistry-University Of Washington-*, 29, 269-274.
- Yavuz, T., Dilber, E., Kara, H. B., Tuncdemir, A. R., & Ozturk, A. N. (2013). Effects of different surface treatments on shear bond strength in two different ceramic systems. *Lasers in medical science*, 28(5), 1233-1239.
- Yesilyurt, C., Kusgoz, A., Bayram, M., & Ulker, M. (2009). Initial Repair Bond Strength of a Nano- filled Hybrid Resin: Effect of Surface Treatments and Bonding Agents. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 21(4), 251-260.
- Yoshida, K., Tsuo, Y., & Atsuta, M. (2006). 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*, 77(1), 28-33.
- Yoshida, K., Yamashita, M., & Atsuta, M. (2005). Bond strength between machinable glass-ceramic and dual-cured resin luting cements using silane coupling agents. *American journal of dentistry*, 18(5), 327-330.
- Yoshida, Y., Nagakane, K., Fukuda, R., Nakayama, Y., Okazaki, M., Shintani, H., ... & Van Meerbeek, B. (2004). Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *Journal of Dental Research*, 83(6), 454-458.

- Yoshida, Y., Van Meerbeek, B., Nakayama, Y., Snauwaert, J., Hellemans, L., Lambrechts, P., ... & Wakasa, K. (2000). Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *Journal of Dental Research*, 79(2), 709-714.
- Yoshida, Y., Yoshihara, K., Nagaoka, N., Hayakawa, S., Torii, Y., Ogawa, T., ... & Van Meerbeek, B. (2012). Self-assembled nano-layering at the adhesive interface. *Journal of Dental Research*, 91(4), 376-381.
- Yoshihara, K., Yoshida, Y., Hayakawa, S., Nagaoka, N., Kamenoue, S., Okihara, T., ... & Van Meerbeek, B. (2014). Novel fluoro-carbon functional monomer for dental bonding. *Journal of dental research*, 93(2), 189-94.
- Yücel, T.(1995). Estetik diş hekimliğinde kompozit materyallerin özellikleri ve inley-onley tekniklerinin değerlendirilmesi,, Restorative Dişhekimliği Derneği Yayını,1-6.
- Yücel, T., Ulukapı, H., Tarım, B., & Demirci, M. (2004). Ön bölge dişlerde direkt estetik restorasyonlar. *TDBD*, 83,10-22.
- Zaghloul, H., Elkassas, D. W., & Haridy, M. F. (2014). Effect of incorporation of silane in the bonding agent on the repair potential of machinable esthetic blocks. *European journal of dentistry*, 8(1), 44.
- Zaimoğlu, A., Can, G. (2004) Sabit protezler. A.Ü. Basımevi. Ankara.
- Zogheib, L. V., Bona, A. D., Kimpara, E. T., & McCabe, J. F. (2011). Effect of hydrofluoric acid etching duration on the roughness and flexural strength of a lithium disilicate-based glass ceramic. *Brazilian dental journal*, 22(1), 45-50.
- Zorba, Y. O., & Yildiz, M. (2007). Adeziv Restoratif Materyallerde Biyouyumluluk Testleri Ve Kriterleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*.