

T.C
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DİŞ HASTALIKLARI VE TEDAVİSİ
ANABİLİM DALI

SELF-ADEZİV REZİN YAPIŞTIRMA SİMANLARININ
MİNE VE DENTİNE BAĞLANMA ETKİNLİKLERİNİN VE
MEKANİZMASININ ARAŞTIRILMASI

UĞUR BURAK TEMEL
DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. R. Banu ERMİŞ

2010-İSPARTA

Bu tez Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Yönetim Birimi tarafından 1850-D-09 Proje numarası ile desteklenmiştir
Tez. No:46

KABUL VE ONAY SAYFASI

Sağlık Bilimleri Enstitü Müdürlüğüne;

Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü **Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı Doktora Programı** çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 28/09/2010

Tez Danışmanı : Prof. Dr. R. Banu ERMIŞ, Süleyman Demirel Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Taner YÜCEL, İstanbul Üniversitesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Esra UZER ÇELİK, Süleyman Demirel Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. Hüseyin YILMAZ, Süleyman Demirel Üniversitesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Murat MADEN, Süleyman Demirel Üniversitesi

ONAY : Bu doktora tezi, Enstitü Yönetim Kurulu'nca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Serpil DEMİRCİ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Doktora tez danışmanım Prof. Dr. R. Banu Ermiş, tez sürem boyunca bilimsel konuların ve çalışmaların dışında hayat ve insanlık adına olumlu birçok davranışı kendisinden öğrendiğim, zor ve sıkıcı olaylar karşısında ağırlığını korumanın, insanlara düşünceli ve ölçülü davranmanın, yaşama tamamıyla aktarılabilmiş bir mütevaziliğin ve adaletli olmanın erdemini de öğrendiğim kişidir. Doktora süresince araştırmayı planladığım her konuda bilgi alabildiğim, karşılaştığım güçlükleri kendi deneyim ve bilgi birikimiyle çözümleyerek aşmamı sağlayan, bilimsel bir araştırma konusunda sergilenebilecek özgün yaklaşımın nasıl olacağını öğreten, tez sürem boyunca yönlendirilmeye ihtiyaç duyduğum her anda yardımını ve bilgisini esirgmeden aktaran sayın hocama en samimi teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın istatistiksel danışmanlığımı üstlenen, bulguların analizi ve yorumlanmasında değerli bilgilerini benimle paylaşmak için mesai saatleri dışında dahi çalışmayı kabul eden, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı öğretim üyesi Prof. Dr. Serdar Carus'a çok teşekkür ederim.

Çalışmamda kullandığım SEM görüntülerini elde etmemde yardımcı olan Taner Aktan'a ve Süleyman Demirel Üniversitesi Göller Bölgesi Teknokenti'ne, mikrogerilme bağlanma dayanımı testi için laboratuvar imkanı sağlayan Mühendislik Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'ne ve örneklerimin etüvde saklanması sırasında imkanlarını paylaşan Tıp Fakültesi Enfeksiyon Hastalıkları Anabilim Dalı'na içtenlikle teşekkür ederim.

Doktora projemi destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmalarımnda materyallerin temin edilmesini sağlayan Kuraray, GC ve Dentsply/Caulk, Ivoclar Vivadent firmalarına teşekkür ederim.

Doktora çalışmalarım sırasında manevi desteği ile her zaman yanımda olan aileme ve arkadaşlarıma sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Dt. Uğur Burak Temel

İÇİNDEKİLER

İç Kapak	i
Kabul ve Onay	ii
Önsöz	iii
İçindekiler	iv
Simgeler ve Kısaltmalar Dizini	vi
Şekiller Dizini	vii
Resimler Dizini	viii
Tablolar Dizini	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Yapıştırma Simanları	6
2.1.1. Yapıştırma Simanları İçin İdeal Özellikler	7
2.1.2. Yapıştırma Simanlarının Sınıflandırması	10
2.1.3. Çinko Fosfat Siman	11
2.1.4. Polikarboksilat Siman	13
2.1.5. Cam İyonomer Siman	14
2.1.6. Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman	16
2.1.7. Poliasit Modifiye Kompozit Rezin Siman	17
2.2. Rezin Simanlar	18
2.2.1. Rezin Simanların Yapısı	18
Organik polimer matriks faz	18
İnorganik faz	19
Ara faz	19
2.2.2. Rezin Simanların Sınıflandırılması	20
2.2.2.1. Asitlenen ve Yıkanan Adeziv Sistemlerle Birlikte Kullanılan Rezin Simanlar	20
2.2.2.2. Kendinden Asitli Adeziv Sistemlerle Birlikte Kullanılan Rezin Simanlar	21
2.2.2.3. Self-Adeziv Rezin Simanlar	23
2.2.3. Rezin Simanların Polimerizasyonu	25
2.2.3.1. Kimyasal Olarak Polimerize Olan Rezin Simanlar	25
2.2.3.2. Işık ile Polimerize Olan Rezin Simanlar	26
2.2.3.3. Kimyasal ve Işıklı Polimerize Olan Rezin Simanlar	27
2.2.4. Rezin Simanların Farklı Restorasyon Yüzeylerine Adezyonu	28
2.2.4.1. Rezin Simanların Seramik Yüzeylere Bağlanması	28
2.2.4.2. Rezin Simanların Kompozit Yüzeylere Bağlanması	29
2.2.4.3. Rezin Simanların Metal Yüzeylere Bağlanması	30
2.3. Bağlanma Dayanımının Değerlendirilmesi	30
2.3.1. Bağlanma Dayanımı Testi	31
2.3.2. Gerilme Bağlanma Dayanımı Testi	31

3. GEREÇ VEYÖNTEM	34
3.1. Materyal Seçimi	34
3.2. Dişlerin Toplanması	37
3.3. Mikrogerilme Bağlanma Dayanımı	37
3.3.1. Ön Çalışma	37
3.3.2. Kompozit Blokların Hazırlanması	38
3.3.3. Mine Örneklerinin Hazırlanması	40
3.3.4. Dentin Örneklerinin Hazırlanması	42
3.3.5. Mikrogerilme Bağlanma Dayanımı Testi için Mine ve Dentin Örneklerinin Hazırlanması	45
3.3.6. Mikrogerilme Bağlanma Dayanımı Testi	47
3.4. Başarısızlık Tiplerinin Analizi	48
3.4.1. Işık Mikroskobu ile Değerlendirme	48
3.4.2. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Değerlendirme	49
3.5. İstatistiksel Analiz	50
3.6. Ara Yüzey Morfolojisi	51
3.6.1. Mine Örneklerinin Hazırlanması	51
3.6.2. Dentin Örneklerinin Hazırlanması	52
3.6.3. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Değerlendirme	53
4. BULGULAR	54
4.1. Mikrogerilme Bağlanma Dayanımı Bulguları	54
4.2. Başarısızlık Tipleri	59
4.3. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Elde Edilen Bulgular	63
4.3.1. Kopma Tipleri	63
4.3.2. Arayüz Morfolojisi	69
5. TARTIŞMA	77
5.1. Mikrogerilme Bağlanma Dayanımı Testinin Değerlendirilmesi	78
5.2. Test Öncesi Başarısızlığın Değerlendirilmesi	80
5.3. Self-Adeziv Rezin Simanların Minedeki Bağlanma Etkinliğinin Değerlendirilmesi	81
5.4. Self-Adeziv Rezin Simanların Dentindeki Bağlanma Etkinliğinin Değerlendirilmesi	86
5.5. Konvansiyonel Rezin Simanların Minedeki Bağlanma Etkinliğinin Değerlendirilmesi	93
5.6. Konvansiyonel Rezin Simanların Dentindeki Bağlanma Etkinliğinin Değerlendirilmesi	95
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	100
ÖZET	102
ABSTRACT	103
KAYNAKLAR	104
ÖZGEÇMİŞ	116

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BisEMA	: Etoksillenmiş bisfenol A glikol dimetakrilat
Bis-GMA	: Bisfenol A diglisidil metakrilat
cm	: Santimetre
dk	: Dakika
HEMA	: Hidroksi etil metakrilat
HEMA-P	: 2-hidroksietil metakril dihidrojenfosfat
kg	: Kilogram
kV	: Kilovolt
10-MDP	: 10-metakriloloksidetil dihidrojen fosfat
4-MET	: 4-metakriloloksietil trimellitik asit
4-META	: 4-metakriloiloksietil trimellitat anhidrit
MPa	: Megapaskal (newton/milimetrekare)
µm	: Mikrometre
mm	: Milimetre
mm ²	: Milimetrekare
mW/cm ²	: Santimetrekare başına miliwatt olarak düşen güç yoğunluğu
M	: Molarite
nm	: Nanometre
N	: Newton
p	: İstatistiksel anlamlılık düzeyi
PEGDMA	: Polietilen glikol dimetakrilat
PENTA	: Dipenta eritritol pentaakrilat monofosfat
PENTA-P	: Dipentaeritrolpentaakrilol dihidrojen fosfat
pH	: Çözeltinin asitlik veya alkalinitik derecesi
sa	: Saat
sn	: Saniye
°C	: Santigrad derece
UDMA	: Üretan dimetakrilat
SEM	: Taramalı elektron mikroskop
TEGDMA	: Trietilen glikol dimetakrilat
TEM	: Transmisyon elektron mikroskop

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Mikrogerilme bağlanma dayanımı test prosedürüne ait şematik çizim

Şekli 2. Rezin simanların minedeki mikrogerilme bağlanma dayanımı sonuçlarının grafiksel gösterimi

Şekli 3. Rezin simanların asitlenmiş minedeki mikrogerilme bağlanma dayanımı sonuçlarının grafiksel gösterimi

Şekil 4. Rezin simanların dentindeki mikrogerilme bağlanma dayanımı sonuçlarının grafiksel gösterimi

Şekil 5. Mineye ait kopma tiplerinin rezin simanlara göre yüzde dağılımları

Şekil 6. Dentine ait kopma tiplerinin rezin simanlara göre yüzde dağılımları

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. İndirekt kompozit blokların hazırlanması sırasında kullanılan paslanmaz çelik kalıp ve bu kalıpla hazırlanmış kompozit bir blok

Resim 2. Polimerizasyon fırını

Resim 3. Ultrasonik temizleme cihazı

Resim 4. Hassas kesme cihazı ve elmas kesme diski

Resim 5. Aşındırma ve metalografik polisaj cihazı

Resim 6. Mikrogerilme bağlanma dayanımı testi için hazırlanmış örnekler

Resim 7. Mikrogerilme bağlanma dayanımı test cihazı

Resim 8. Stereomikroskop

Resim 9. Taramalı elektron mikroskobu

Resim 10. Clearfil SA'ya ait taramalı elektron mikroskop bulguları

Resim 11. RelyX Unicem'e ait taramalı elektron mikroskop bulguları

Resim 12. SmartCem 2'ye ait taramalı elektron mikroskop bulguları

Resim 13. G-Cem'e ait taramalı elektron mikroskop bulguları

Resim 14. *Self-etch* ve *total-etch* adeziv sistemle kullanılan Variolink II'e ait taramalı elektron mikroskop bulguları

Resim 15. RelyX ARC'ye ait taramalı elektron mikroskop bulguları

Resim 16a, 16b, 16c, 16d. Rezin siman ile asitlenmemiş mine ara yüzeyine ait taramalı elektron mikroskop bulguları.

Resim 17a, 17b, 17c, 17d. Rezin siman ile asitlenmiş mine ara yüzeyine ait taramalı elektron mikroskop bulguları

Resim 18a, 18b. Rezin siman ile mine ara yüzeyine ait taramalı elektron mikroskop bulguları

Resim 19a, 19b. Rezin siman ile dentin ara yüzeyine ait taramalı elektron mikroskop bulguları

Resim 20a, 20b, 20c, 20d. Rezin siman ile kırılmış dentin ara yüzeyine ait taramalı elektron mikroskop bulguları

Resim 21a, 20b, 20c, 20d. Rezin siman ile dentin ve kırılmış dentin ara yüzeyine ait taramalı elektron mikroskop bulguları

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Çalışmada kullanılan rezin simanlara ait bilgiler

Tablo 2: Çalışmada kullanılan rezin simanların uygulama şekilleri

Tablo 3: Test edilen rezin simanlara ait mikrokerilme bağlanma dayanımı değerleri

Tablo 4: Işık mikroskobu ile yapılan inceleme sonucu elde edilen mineye ait kopma tiplerinin sayısal dağılımı

Tablo 5: Işık mikroskobu ile yapılan inceleme sonucu elde edilen dentine ait kopma tiplerinin sayısal dağılımı

1. GİRİŞ

Yapıştırma simanları, inley ve onley restorasyonları, braketleri, post, kron ve korları ağız içerisinde uzun süre sağlam bir şekilde tutabilmek için geliştirilmiştir (Attar et al., 2003, Pegoraro et al., 2007). Görevleri restorasyonların retansiyonunu sağlamak ve uzun süreli bir ara yüzey örtülemesi yapabilmek için diş ve restorasyon arasındaki boşluğu doldurmaktır (Rosenstiel et al., 1998, Amaral et al., 2007). İdeal bir yapıştırma simanı düşük film kalınlığında olmalı, uzun çalışma süresi tanınmalı, uygulama basamakları kısa olmalı, bağlanma dayanımı yüksek olmalı, diş yapılarına benzer elastik modülünde olmalı, canlı dokularla uyumlu olmalı, pulpal irritasyona sebep olmamalı, ağız sıvılarında çözünmemeli, mikrosızıntı yapmamalı, fazlalıklar kolay uzaklaştırılabilirmeli ve iyi bir retansiyon göstermelidir (McComb et al., 1996, Rosenstiel et al., 1998, Attar et al., 2003,).

Yapıştırma simanları çinko fosfat siman, polikarboksilat siman, cam iyonomer siman, rezin modifiye cam iyonomer siman ve rezin simanlar olmak üzere beş ana grupta sınıflandırılmıştır (Rosenstiel et al., 1998, Hill 2007, Radovic et al., 2008). Çinko fosfat siman ağız sıvılarında çözünmesine ve diş dokularına adezyonu olmamasına rağmen yapılan anketlerde hekimler arasında en çok tercih edilen yapıştırma simanı olarak belirlenmiştir (Rosenstiel et al., 1998). Cam iyonomer simanlar, florür salarak sekonder çürükleri engelleyebildiği için büyük ilgi görmektedir. Resin simanlar da estetik olmaları, çözünürlüklerinin az olması, diş dokularına bağlanabilmeleri gibi avantajlarından dolayı kullanımının her geçen gün arttığı bildirilen diğer bir yapıştırma simanıdır (Pegoraro et al., 2007).

Resin simanlar, birlikte kullanıldıkları adeziv sisteme göre iki gruba ayrılmaktadır. Bunlar asitlenen ve yıkanan adeziv sistemlerle kullanılan resin simanlar ve kendinden asitli adeziv sistemlerle kullanılan resin simanlardır (Radovic et al., 2008). Son olarak 2002 yılında self-adeziv resin simanlar, resin simanlara yeni bir grup olarak eklenmiştir. Bu materyaller, farklı karakterdeki yapıştırma simanlarının iyi özelliklerini birleştirmek ve önceden kullanılan yapıştırma simanlarının eksikliklerini gidermek için geliştirilmiştir (Viotti et al., 2009). Firmalar

self-adeziv bir rezin siman ile simantasyon öncesinde diş yüzeyine herhangi bir adeziv prosedürüne gerek olmadığını savunmaktadır. Ayrıca çinko fosfat ve polikarboksilat simanların kullanım kolaylığını, rezin simanların ise mekanik özelliklerini birleştirmeyi hedeflediklerini belirtmişlerdir.

Literatürde konvansiyonel rezin simanlarla birlikte kullanılan adeziv sistemlerin mine ve dentinde oluşturdukları demineralizasyonun, infiltrasyonun ve hibridizasyonun incelendiği çalışmalar bulunmaktadır (De Munck 2004, Goracci et al., 2006, Duarte et al., 2008, Heintze 2010) . Ancak hekimlere kullanım kolaylığı sunmak amacıyla uygulama şekilleri, çalışma süreleri, renk seçenekleri ve içerikleri farklılık gösteren self-adeziv rezin simanların, mine ve dentine bağlanma mekanizmaları ve oluşturdukları yüzey yapıları hakkındaki bilgiler yetersiz kalmaktadır (Hikita et al., 2007).

Günümüzde indirekt restorasyonlarla birlikte kullanılan yapıştırma simanları çok hızlı bir gelişim göstermektedir. Bir ürünün güvenilirliği ispatlanmadan veya tarafsız kişiler tarafından değerlendirmeler ortak bir sonuçta buluşmadan yeni ürünler piyasaya sürülmektedir. Bu durumda ürünlerin çok sayıdaki çalışmayla değerlendirilmesinin yanında kısa zamanda sonuç veren testlerle değerlendirmesi önemlidir. Bu nedenle çalışmamız piyasaya yeni sürülen self-adeziv rezin simanların bağlanma mekanizmalarını *in vitro* olarak inceleyerek ve kısa dönem sonuçlarını vererek daha sonraki yapılacak uzun dönem çalışmalara temel oluşturma açısından önem taşımaktadır. Ayrıca simantasyondan önce minenin selektif olarak asitlenmesi işleminin self-adeziv rezin simanların bağlanma dayanımına etkisinin belirlenmesi, özellikle mine dokusu ile çevrili kavitelerde self-adeziv rezin simanların kullanılmasına yönelik değerli bilgiler verecektir.

Bu çalışmanın amacı, self-adeziv rezin simanların mine ve dentindeki bağlanma etkinliklerinin *in vitro* olarak değerlendirilmesi, minenin selektif olarak asitlenmesinin bağlanma dayanımına etkisinin araştırılması ve elde edilen bulguların konvansiyonel rezin simanların bulguları ile karşılaştırılmasıdır. Aynı zamanda, kullanılan rezin simanların mine ve dentin yüzeylerinde meydana getirdikleri demineralizasyonun, rezin infiltrasyonunun ve hibridizasyonun morfolojik olarak taramalı elektron mikroskobu ile incelenerek bağlanma mekanizmalarının değerlendirilmesi de amaçlanmıştır.

Çalışmada kompozit inley, onley ve kompozit vener restorasyonların simantasyonunda kullanılan ve kimyasal yapıları birbirinden farklı self-adeziv rezin simanlar; Clearfil SA, G-Cem, SmartCem 2 ve RelyX Unicem seçildi. Kontrol grubu olarak, sırasıyla iki basamaklı ve üç basamaklı *total-etch* adeziv sistemlerle birlikte kullanılan konvansiyonel rezin simanlar RelyX ARC ve Variolink II kullanıldı. Ayrıca minede selektif asitleme ile kullanılan bir *self-etch* rezin siman olan Variolink II dentinde de test edildi.

Buna göre çalışmanın aşamaları aşağıdaki şekilde oluşturuldu:

Seçilen self-adeziv ve konvansiyonel rezin simanların mine ve dentindeki bağlanma etkinlikleri test edildi. Bağlanma etkinliklerinin araştırılması, mikrogerilme bağlanma dayanımı testi ile gerçekleştirildi. Ayrıca, minede selektif olarak yapılan asit uygulamasının, self-adeziv rezin simanların minedeki bağlanma dayanımı üzerindeki etkisi araştırıldı.

Kopma tiplerinin analizi yapıldı. Mikrogerilme bağlanma dayanımı testinden sonra kırılan örnekler, stereomikroskop ve taramalı elektron mikroskobu ile incelendi.

Test edilen rezin simanların mine ve dentindeki bağlanma mekanizmaları morfolojik olarak değerlendirildi. Self-adeziv rezin simanların ve konvansiyonel rezin simanların, rezin siman-mine ve rezin siman-dentin ara yüzeyleri taramalı elektron mikroskobunda incelendi. Ayrıca, selektif olarak asitlenmiş mine yüzeyi ve smear tabakasının bulunmadığı dentin yüzeyi ile rezin simanların etkileşimi elektron mikroskopik olarak değerlendirildi.

2. GENEL BİLGİLER

Günümüzde, dişhekimine başvuran hastaların estetik kaygıları daha çok ön plana çıkardıkları ve tedavi alternatifleri içinde geçmişin aksine doğal görünümü tercih ettikleri gözlenmiştir. Bu sebeple estetik ihtiyaçların artması ve diş dokularının korunması fikri, hekimleri dişlerdeki madde kayıplarını indirekt restorasyonlarla tedavi etmeye yönlendirmiştir (Furukawa et al., 2002).

İndirekt restorasyonlar metal, seramik veya kompozit rezinden yapılabilirler (Yang et al., 2006). Metal indirekt restorasyonların renkleri diş dokusuyla uyumlu olmadığı için estetik değildir ve ağız içindeki önceden yapılmış metal alaşım içeren diğer restorasyonlarla galvanik akım oluşturabilirler (Summit et al. 2000).

Diş rengindeki indirekt restorasyonlar ise metallere göre daha estetik ve galvanik akım oluşturma ihtimalleri yoktur (Arrais et al., 2007, Hikita et al., 2007). Bunun yanında bilgisayar destekli üretim sistemleriyle (CAD/CAM) de kullanılarak, en az iki seans süren indirekt restorasyon yapım süresini tek seansa indirilebilirler. Bu gibi nedenler, diş rengindeki kompozit ve seramik indirekt restorasyonların kullanımını daha yaygınlaştırmıştır (Roberson et al., 2010).

İndirekt kompozit restorasyonlar, seramik restorasyonlarla karşılaştırıldığında ise bitirme ve polisaj, ağız içi uyumlama işlemleri daha kolaydır ve karşıt dişte daha az aşınmaya neden olurlar (Hikita et al., 2007, Roberson et al., 2010). Bunun yanında *in vitro* olarak kompozit, seramiğe göre daha fazla bağlanma dayanımı göstermektedir ve bu muhtemelen kompozitin elastisite modülünün yapıştırma simanına yakın olmasına bağlıdır (Hikita et al., 2007). Bu nedenle birçok *in vitro* çalışma, kompozit inleyler ile restore edilmiş dişlerde daha uniform bir stres dağılımı olduğunu bulmuştur (Hikita et al., 2007).

Bu durumda kompozit restorasyonlar ön plana çıkmaktadır. Birden fazla seans alan indirekt uygulama yerine kompozitlerin direkt olarak uygulanması daha avantajlıdır fikrini doğurmaktadır. Ancak indirekt kompozit restorasyonların kullanılması, direkt uygulanan kompozit rezinlerin polimerizasyon büzülmesini minimuma indirirken rezidüel internal streslerinin azalmasına yardımcı olarak

kompozit rezinin fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirir (Gerdolle et al., 2005) Ağız dışında işleniyor olması, anatomik formun daha iyi verilmesine, oklüzyonun kontrol edilerek daha uyumlu olması sağlamaktadır (Mota et al., 2003). Bununla birlikte indirekt kompozit rezinler, direkt kompozit rezinlere göre daha iyi cilalanır, daha az suda çözünür, daha az aşınma ve daha az marjinal aralanma gösterirler (Gerdolle et al., 2005, De Andrade et al., 2007, Roberson et al., 2010).

Kullanımı günden güne artış gösteren indirekt restorasyonlarda başarıyı sağlamak birçok kritere bağlıdır. Bu kriterler hastaya, hekime veya seçilen materyallere ait olabilir (Hill 2007). Hastanın sert ve asitli gıdalarla beslenmesi restorasyonun ömrünü azalttığı, restorasyon ve diş ara yüzeyinde aralanmalara sebep olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında hastanın diş sıkma ve gıcırdatma gibi alışkanlıklarının olması restorasyona gelen lateral kuvvetlerin miktarını artırmakta ve restorasyonun başarısını olumsuz yönde etkilemektedir. İnley ve onley restorasyonların diş ile birleşim kenarlarının oklüzyon noktalarıyla çakışması yine marjinal aralanmaya neden olarak restorasyonun başarısını azaltacaktır (Gerdolle et al., 2005, Rocca GT and Krejci I., 2007).

Restorasyonu uygulayan hekimin preparasyon sırasında duvarların açıları ve pulpaya yakınlık, ölçü alma sırasında ölçünün eksiksiz alınmış olması ve tüm yüzey morfolojisini tamamen yansıtmış olması, uygulama sırasında laboratuarda işlenen restorasyonun kenar uyumu, oklüzyonla ilişkisi, anatomik formu ve renk uyumu gibi birçok konuya dikkat etmesi gerekmektedir. İşlem basamaklarında hekimin gözünden kaçabilecek bir detay restorasyonun başarısızlığı ile sonuçlanabilmektedir (Attar et al., 2003, Hill 2007, Radovic et al., 2008).

Bunlara ek olarak indirekt bir restorasyonun klinik başarısı simantasyon için kullanılan yapıştırma simanı ile ve uygulama tekniğiyle de yakından ilişkilidir. İşlem basamakları eksiksiz olarak tamamlanmış bir indirekt restorasyonun simantasyonunun uygun bir şekilde gerçekleştirilmemesi restorasyonun ömrünü direkt olarak etkileyecektir (Kameyama 2009). Çünkü restorasyon uygun bir şekilde yapılmış olsa da diş ile iyi bir retansiyon sağlamadığı sürece fonksiyon göremeyecektir. Bu sebeple simantasyon sırasında restorasyon ve seçilecek yapıştırma simana ait mekanik özellikler detaylı olarak incelenerek hasta için uygunluğu göz önüne alınmalıdır. Başarılı bir indirekt restorasyon yapabilmek için

çok çeşitli olan yapıştırma simanlarının özellikleri, endikasyonları ve kontroendikasyonları hakkında hekimlerin detaylı bilgilere sahip olması gerekmektedir. Bu sebeple firmalar geçmişten bugüne her tür indirekt restorasyonun simantasyonunda kullanılabilecek ve işlem basamakları fazla olan ve dikkat gerektiren indirekt restorasyon uygulamasının simantasyon sırasındaki basamaklarını azaltacak bir yapıştırma simanı üretmeye çalışmaktadır.

2.1. Yapıştırma Simanları

Yapıştırma simanı terimi; şekillendirilebilir bir maddenin bir boşluğu kapatması veya iki komponenti bir arada tutması anlamında kullanılmaktadır (Anusavice 2003). Yapıştırma simanları dişhekimliğinde ortodontik braketlerin yapıştırılması, periodontal splintlerin diş yüzeylerine sabitlenmesi, süt dişlerine yer tutucuların yapıştırılması, inley, onley, kron, köprü, post ve korların simantasyonu gibi birçok alanda uygulanmaktadır (Yang et al.,2006, Hill 2007, Pegoraro et al., 2007, Heinze 2010).

Geçmişten bugüne birçok yapıştırma simanı geliştirilmiş ve hala hızla geliştirilmeye devam edilmektedir. Ancak klinik kullanım ve performans açısından bu yapıştırma simalarının hangisinin daha iyi olduğu konusunda net bir sonuca varılamamıştır (Attar et al., 2003, Hill 2007, Radovic et al., 2008). Çünkü farklı klinik uygulamalarda farklı yapıştırma simanları kullanılabilmektedir. Yapıştırma simanlarındaki bu çeşitlilik ve kullanım farklılıkları hekimleri tercih konusunda zorlamaktadır (De la Macorra and Paradies 2002). Bunun yanında kullandıkları yapıştırma simanının, uygulanacak olan restorasyonla uyumu, bağlanması ve diş ile ilişkisi bilinerek seçim yapılmalıdır. Bu durumda hekimler kullandıkları restorasyona ve yapıştırma simana ait çok fazla teknik bilgi bilmek durumundadırlar. Bunların yanında yapıştırma simanlarının her birinin uygulama şeklinin ve oranlarının çok farklı olması hekimleri yanlış yapma kaygısına sürüklemektedir. Bunun sonucu olarak hekimler yapıştırma simanı ve kullanılacak restorasyonun uyumu ile yapıştırma simanının mekanik özelliklerine dikkat ederek bir yapıştırma simanı seçmek yerine kullanımını bildikleri bir yapıştırma simanı tercih etmektedirler. Bu

sebeple çinko fosfat simanın ağız içi sıvılarında çok fazla çözünmesine, diş sert dokuları ve restorasyonlarla herhangi bir bağlanma göstermemesine ve pulpaya zararlı etkilerinin olduğu birçok çalışma ile gösterilmiş olmasına rağmen hala en çok kullanılan yapıştırma simanıdır (Rosenstiel et al., 1998, Attar et al., 2003).

2.1.1. Yapıştırma Simanları İçin İdeal Özellikler

İdeal bir yapıştırma simanı biyouyumlu olmalı, vücut sıvıları, dokuları ve sıvılarıyla minimum reaksiyon vermeli, toksik olmamalı, düşük alerjik potansiyelde olmalıdır (Rosenstiel et al., 1998, De la Macorra and Paradies 2002). Histolojik düzeyde incelendiğinde yapıştırma simanlarının özellikle dentin kalınlığının 1 mm'nin altında olduğu durumlarda az da olsa pulpal cevaba sebep olduğu gözlenmiştir. Tedavi sonrası hassasiyet gibi yan etkiler simanın irritasyonundan çok dentinin kurumasına ve bakteriyel kontaminasyonuna bağlı gelişen biyouyumluluğun olmamasına bağlanmıştır. Eğer bir dişhekimi simantasyon sonrası hassasiyetin bir problem olduğunu düşünüyorsa özellikle kesilmiş dentin kurumasından kaçınılmalı ve tekniği doğru bir şekilde uyguladığından emin olmalıdır. Eğer hassasiyet giderici ajanlar uygulanırsa bağlanmanın bu durumdan olumsuz yönde etkileneceği düşünülmektedir (Rosenstiel et al., 1998).

Biyouyumluluğun yanında çürük de indirekt restorasyonların başarısızlığında rol alan önemli faktörlerden biridir (Behr et al., 2008). Bu nedenle ideal bir yapıştırma simanı restorasyon ve diş ara yüzeyinde çürüğü aktif olarak önleyebilmelidir (Rosenstiel et al., 1998). Çürük oluşumunu engellemek ise karmaşık bir konudur. Sekonder çürük gelişimi, açığa çıkan diş dokularından ve arayüzden bakterilerin eliminasyonu ile engellenebilir. Plak birikiminin önlenmesi ve açığa çıkan diş dokularının, arayüzün mükemmel bir şekilde örtülerek mikroorganizmaların fiziksel olarak bu bölgelere girişinin engellenmesiyle bu işlem başarılıdır (Behr et al., 2009, Belli et al., 2009). Bunu önlemenin üçüncü yolu ise antibakteriyel etkili bir yapıştırma simanı kullanmak olduğu belirtilmektedir (De la Macorra and Paradies 2002). Diş ve restorasyon arasında plağın önlenmesi için ağız içine açılan bölgede kalan yapıştırma simanının iyi bir şekilde cilalanabilir

olması gerekmektedir. Bu sebeple artıklar temizlendikten sonra pöröz bir yapı bırakmayan ve cilalanabilir simanların tercih edilmesinin plak birikimini azaltacağı düşünülmektedir (De la Macorra and Paradies 2002).

Restorasyon etrafındaki mikroorganizmaların mikrosızıntısı da olumsuz pulpal cevap oluşturabilmekte ve restorasyonun ömrünü azaltabilmektedir. Bu sebeple ideal bir yapıştırma simanı restorasyon ve diş arasında iyi bir örtüleme sağlayarak mikrosızıntıyı önleyebilmelidir (Rosenstiel et al., 1998, De la Macorra and Paradies 2002, Burke 2005).

Ağız hijyeni kötü olan hastalarda restorasyon ile diş birleşim kenarında plak birikimi daha fazla olmaktadır. İyi bir yapıştırma simanı biriken plağın organik asitleriyle çözünmeyerek marjinal uyumu bozmamalıdır (Burke 2005).

Mikrosızıntıyı azaltmak ve buna bağlı gelişebilecek olumsuzlukları ortadan kaldırmak için yapıştırma simanının su emerek şişmesi olumlu bir özellik gibi düşünülebilir (Irea and Suzuki 2001, Soares et al., 2005). Ancak su emilimi yapıştırma simalarının mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkileyeceğinden ideal bir yapıştırma simanı su emilimine dayanıklı olmalıdır (Rosenstiel et al., 1998).

Bunların yanında ideal bir yapıştırma simanı restorasyonun hasta ağzında kaldığı süre boyunca restorasyona gelen fonksiyonel kuvvetlere karşı koyabilecek mekanik özellikleri taşımalıdır (Nakamura et al., 2010). Genelde dayanım, çözünürlük ve bağlanma dayanımı gibi özelliklerin *in vitro* olarak test edilmesi simanın kalitesi ve klinik performansı hakkında bir ön görüş sağlamaktadır (Rosenstiel et al., 1998). Buna göre ideal bir yapıştırma simanının gerilme ve basınç dayanımları, kırılma dayanımları, yorgunluk dayanımları yüksek olmalıdır. Bunun yanında gelen stresleri dişe yansıtmadan soğurmak ve dağıtmak için uygun bir elastisite modülünde olmalıdır. Uygun elastisite modülünün diş ve restorasyonun elastisite modülü arasında olduğu saptanmıştır (Rosenstiel et al., 1998, De la Macorra and Paradies 2002, Burke 2005).

İndirekt restorasyonun altındaki yapıştırma simanı restorasyona gelen kuvvetler sonucu aşınmaya dirençli olmalıdır. Aşınmaya dirençsiz bir yapıştırma simanı diş ile restorasyon arasında aralık oluşumuna ve restorasyonun kaybına neden olabilmektedir (Burke 2005).

Restorasyonun kaybıyla sonuçlanan bir diğer konu ise diş ve yapıştırma simanı arasındaki bağlanmanın şekli ve kalitesidir. Kullanılan yapıştırma simanı hem diş hem de restorasyon yüzeyine kimyasal olarak veya mekanik olarak bağlanabilmelidir. Ancak ideal bir yapıştırma simanından beklenen özellik her iki şekilde bağlanabiliyor olmasıdır.

İdeal bir yapıştırma simanı sahip olduğu fiziksel ve mekanik özelliklerle ihtiyaçları tam olarak karşılamanın yanında estetik gereksinimlere de cevap verebilmelidir (Li and White 1999). Öncelikle diş ve indirekt restorasyonun birleşim yerinde belli olmamalı ve renk stabilitesini uzun süre koruyabilmelidir. Kullanılan yapıştırma simanının translüsent olması ve dentin, mine rengiyle uyumlu olması marjinal kenarda belli olamamasını sağlayabilir (De la Macorra and Paradies 2002). Zaman bağlı olarak renk değişimi gösteren yapıştırma simanları restorasyonun rengini de değiştirerek diğer dişlerle olan renk uyumunu bozmakta ve klinik olarak bir problemi bulunmasa bile restorasyonun değiştirilmesiyle neden olabilmektedir. Bu durum en çok *dual-cure* sertleşen rezin simanlarda yaşanmaktadır. Sertleşme için kullanılan aminler zamanla rezin simanın renginin değiştirebilmektedir. Estetik metal desteksiz restorasyonlarda ışıkla sertleşen rezin simanların kullanılması estetiğe bağlı sebeplerle değiştirilen restorasyonların sayısını azalttığı düşünülmektedir (Rosenstiel et al., 1998).

Restorasyonlar simante edildikten sonra özellikle interproksimal bölgede ve gingival basamakta taşan siman artığının olup olmadığı tespit edilip daha sonradan oluşabilecek diş eti hastalıklarını engellemek için temizlenmelidir. Bu çekilen bir röntgen filmiyle anlaşılabilmektedir. Taşan siman artıklarının olası anatomik oluşumlarla karışmaması ve kesin olarak tespit edilebilmesi için radyopak olması gerekmektedir. Bunun yanında siman çizgisi ile rekürrent çürük arasındaki farkı ayırt etmek için dentinle aynı veya daha açık radyopasitede olmalıdır (Rosenstiel et al., 1998, Burke 2005).

Yapıştırma simanının restorasyon ve diş arasında oluşturduğu film kalınlığı restorasyonun klinik başarısını ve ömrünü de direk olarak etkileyebilir. Restorasyonların kalınlığını artırmak, ağız sıvıları ile minimum temasta bulunmak ve polimerizasyon büzülmesini minimuma indirmek için bir yapıştırma simanı olabildiğince ince film kalınlığında olmalıdır. Bu oran konusunda tam bir fikir birliği

olmamakla birlikte 50-100 µm uygun aralık olarak düşünülmektedir (Rosenstiel et al., 1998, De la Macorra and Paradies 2002).

Bunlara ek olarak ideal bir yapıştırma simanı sertleşme sırasında hekime işlem basamaklarını kontrollü ve dikkatli bir şekilde uygulayabilecek süreyi tanımalıdır. Ayrıca uygulama sonrası mümkün olan en kısa zamanda sertleşerek optimal fiziksel özelliklere kavuşmalıdır (Rosenstiel et al., 1998).

Günümüzde ideal bir yapıştırma simanından beklenen özelliklerin tamamını karşılayabilen bir yapıştırma simanı bulunmamaktadır. İyi bir hekim doğru bir yapıştırma simanı seçebilmek için dişe, hastaya ve kullandığı yapıştırma simanına ait birçok özelliği doğru bir şekilde bilmek ve bunları tek vakada birleştirerek doğru simantasyona karar vermek durumundadır. Alternatifin bu kadar fazla olduğu bir durumda hekimler seçim konusunda çok zorlanmaktadırlar. Ayrıca indirekt bir restorasyonun klinik başarısı kullanılan simanla direkt olarak ilişkili olsa da restorasyonun materyali, hastanın diyeti, oklüzyonu, alışkanlıkları, ölçü, laboratuvar çalışmasındaki titizlik, dayanak dişin preparasyonu ve dizaynı da başarıyla direkt olarak ilişkilidir (Kameyama 2009). Başarılı bir indirekt restorasyon seçilen doğru yapıştırma simanı ile birlikte dişin preparasyonundan restorasyonun hasta ağızına uygulanmasına kadar olan aşamalarda titizlikle çalışma ile gerçekleştirilebilir (De la Macorra and Paradies 2002).

2.1.2. Yapıştırma Simanlarının Sınıflandırması

Dişhekimliğinde kullanılan yapıştırma simanları birçok araştırmacıya göre farklı şekilde sınıflandırılmıştır.

Craig, yapıştırma simanlarını başlıca kimyasal içeriklerine ve uygulama şekillerine göre sınıflandırmıştır. Bunlar sırasıyla çinko fosfat siman, çinko oksit öjenol siman, öjenolsüz çinko oksit siman, çinko polikarboksilat, cam iyonomer siman, rezin modifiye cam iyonomer siman, rezin siman, kompozit siman, adeziv rezin siman ve kalsiyum hidroksit simandır (Craig 1997).

O'Brien, yapıştırma simanlarını bağlanma mekanizmalarına sınıflandırmıştır. Bunlar fosfat simanlar, fenolat simanlar, polikarboksilat simanlar, rezin simanlar ve

rezin modifiye cam iyonomer simanlardır. Fosfat simanlar kendi aralarında çinko fosfat ve çinko silikofosfat olarak iki alt gruba ayrılırken, fenolat simanlar çinko oksit öjenol ve kalsiyum hidroksit salisilat olarak ayrılmıştır. Polikarboksilat simanlar, çinko polikarboksilat ve cam iyonomer olarak, rezin simanlar ise akrilik, dimetakrilat ve adeziv olarak sınıflandırılmıştır. Son olarak rezin modifiye cam iyonomer simanlar hibrit iyonomerler olarak alt gruba ayrılmıştır (O'Brien 2002).

Donavan, yapıştırma simanlarını geleneksel ve çağdaş olmak üzere iki gruba ayırmıştır. Geleneksel olanlar çinko fosfat, polikarboksilat ve cam iyonomer simandır. Çağdaş olarak sınıflandırdıkları ise rezin modifiye cam iyonomer siman ve rezin simanlardır (Hill 2007).

Son olarak Heintze, yapıştırma simanlarını konvansiyonel su esaslı yapıştırma simanları ve kompozit rezin esaslı yapıştırma simanları olarak iki gruba ayırmıştır. Konvansiyonel su esaslılar sınıfında, çinko fosfat veya cam iyonomer gibi simanlar bulunurken kompozit rezin esaslılar sınıfında, bir adeziv sistemle bağlanma sağlayan ve kendinden adeziv özellik taşıyan (self-adeziv) rezin simanlar bulunmaktadır (Heintze 2010).

Buna göre yapıştırma simanlarını aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür:

- Çinko fosfat siman
- Polikarboksilat siman
- Cam iyonomer siman
- Resin modifiye cam iyonomer siman
- Poliasit modifiye kompozit resin siman
- Resin siman

2.1.3. Çinko Fosfat Siman

Dişhekimliğinde yaklaşık yüz yıldır yapıştırma simanı olarak kullanılan en eski ve hekimlerce en çok tercih edilen yapıştırma simanıdır (O'Brien 2002, Anusavice 2003, Rosenstiel et al., 2006, Hill 2007).

Çinko fosfat simanın tozunun ana bileşeni yaklaşık % 90 oranında çinko oksittir (ZnO) (Craig 1997, Anusavice 2003). Sertleşme süresini ve sertleşme sonrası mekanik özelliklerini değiştirerek simanı modifiye etmek için yaklaşık %10 oranında magnezyum oksit (MgO) çok az miktarlarda da silisyum oksit (SiO₂), bizmuttrioksit (Bi₂O₃), baryum oksit (BaO) ve kalsiyum oksit (CaO) eklenmiştir (Craig 1997). Çinko fosfat simanın likiti % 45-64 fosforik asit (H₃PO₄), %30-55 su, %2-3 alüminyum fosfat (AlPO₄) ve % 0-9 çinko fosfat [Zn₃(PO₄)] içeren bir fosforik asit solüsyonudur. Bileşikteki su miktarı, likitin iyonizasyonunu kontrol eder ve sertleşme reaksiyonunun süresini etkiler. Toz ve likitin karıştırılmasıyla kuvvetli bir reaksiyon ortaya çıkar ki, hızlı ve ekzotermik olan bu reaksiyon çözünmeyen çinko fosfat oluşumuyla sonuçlanır (O'Brien 1997; Anusavice 2003). Sertleşme toz ve likit arasındaki asit-baz reaksiyonu ile gerçekleşir (O'Brien 2002, Anusavice 2003, Pegararo et al., 2007).

Çinko fosfat simanlar tam metal kron, vener kron-köprü, metal destekli porselen kron-köprü, metal inley-onley ve ortodontik bant ve braketlerin simantasyonunda kullanılır (Anusavice 2003).

Çinko fosfat simanın basınç dayanıklılığı 80-110 MPa, restorasyonun yeterli retansiyon için minimum dayanımı 60 MPa, ve gerilme dayanımı ise 5-7 MPa olarak gösterilmiştir. Elastisite modülü yaklaşık 13 GPa olarak bulunurken (O'Brien 2002), su içerisindeki çözünürlüğünün % 0.05-0.2 arasında olduğu belirtilmiştir. Yeni karıştırılmış bir çinko fosfat simanın pH'ı 1-2 civarında, 1 saat sonra 4'ün altında ve 24 saat sonra 6-7 civarında olduğu hatta bazı çalışmalarda 48 saat sonra nötral duruma geldiği savunulmaktadır (Craig 1997, O'Brien 2002, Hill 2007).

Çinko fosfat simanlar diğer simanlarla karşılaştırıldığında daha ucuzdurlar, karıştırılmaları kolaydır ve sıvı halden sert kütle haline çok hızlı bir şekilde geçebilirler. Diğer simanlara göre daha az teknik hassasiyet gerektirir ve klinik olarak kabul edilebilir fiziksel özelliklere sahiptirler.

Ağız sıvılarında diğer simanlara oranla çok fazla çözünürler (Eisenburger et al., 2003). Bu çinko fosfat simanların en göze çarpan dezavantajıdır. Bunun yanında diş ve restorasyona herhengi bir adezyonu yoktur. Bu nedenle preparasyonun açıları, uzunlukları ve yüzey alanları retansiyon için büyük önem kazanmaktadır. Hekim mekanik olarak bir retansiyon sağlamak için ağız içinde bu özelliklerin hepsine dikkat etmek zorundadır. Ayrıca çinko fosfat simanlar karıştırıldıktan 2 dakika sonra pH'ları 2 seviyesindedir. Bu değer hızla artsa da 24 saat süresince 5.5 seviyesinde kalmaktadır. Bu pulpada meydana gelebilecek herhangi bir hasarın açıklaması olabilir. Pulpal irritasyonu önlemek için kullanılacak pulpal örtüleme materyalleri ise mekanik tutuculuğu olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Craig 1997, O'Brien 2002, Hill 2007, Pegararo et al., 2007).

2.1.4. Polikarboksilat Siman

Çinko fosfat simanların diş ve restorasyona adezyonunun olmaması araştırmacıları yüzeylere tutunabilen bir yapıştırma simanını geliştirmeye yönlendirmiştir. Bu isteklerin doğrultusunda polikarboksilat simanlar ilk 1960'lı yıllarda diş yapılarına bağlanabilen ilk yapıştırma simanı olarak kullanıma girmiştir (Dong 2001, O'Brien 2002, Hill 2007).

Bu simanın tozu genellikle çinko oksitten oluşur. Ancak polikarboksilat simanlar, çinko oksitin yanında % 1-5 oranında kalay veya magnezyum oksit, % 10-40 alüminyum oksit veya diğer güçlendirici filler içerirler. Simana kalay florür eklenmesi simanın mekanik özelliklerini geliştirir ve florür salınımı yapmasını sağlar (Craig 1997, O'Brien 2002, Anusavice 2003). Likidi ise yaklaşık % 40'luk poliakrilik asitin sulu çözeltisidir veya itakonik asit gibi diğer organik asitleri içeren bir akrilik asit kopolimeridir (Craig 1997, O'Brien 2002, Anusavice 2003). Toz içerisindeki çinko, magnezyum ve kalay iyonları poliakrilik asidin karboksil gruplarına bağlanarak, çapraz bağ yapıda bir tuz olan çinko poliakrilata dönüşür (Summitt 2000, O'Brien 2002, Anusavice 2003, Roberson et al., 2010).

Polikarboksilat simanlar, tam metal kronların, vener kron-köprülerin, metal destekli porselen kronların, postların, inley-onleylerin, ortodontik bant ve braketlerin

simantasyonunda kullanılmaktadır (O'Brien 2002, Anusavice 2003, Rosenstiel et al., 2006).

Polikarboksilat simanın basınç dayanıklılığı 55-80 ve gerilme dayanımı ise 8-12 MPa olarak gösterilmiştir. Elastisite modülü yaklaşık 6 GPa olarak bulunurken (O'Brien 2002), su içerisindeki çözünürlüğünün % 0.1-0.6 arasında olduğu belirtilmiştir. Polikarboksilat simanın pH'ı çok kısa sürede nötr duruma gelmektedir. Likidinin yüksek moleküler ağırlıklı olması dentin tübüllerine penetrasyonu engeller (O'Brien 2002, Anusavice 2003, Pegoraro 2007).

Polikarboksilat simanların diş dokularına kimyasal olarak bağlanması en önemli avantajlarından. Bu özeliği diş ile restorasyonun retansiyonunu artırmakta ve diş ile siman arasından oluşabilecek sızıntıları engelleyerek sekonder çürükleri minumuma indirecektir. Likitinin yüksek moleküler ağırlıkta olması dentin tübüllerinin içine penetre olmasını engeller. Bunun yanında pH'ın çok kısa sürede nötr hale gelmesi simantasyon sonrası oluşabilecek postoperatif hassasiyeti minuma indireceği düşünülmektedir. Çinko fosfat simanlarla karşılaştırıldıklarında daha az iritandılar, gerilme dayanımları daha yüksektir, ağız sıvılarında daha az çözünürler ve daha ince film kalınlığına sahiptirler. Asiditeleri çinko fosfat simanlara göre daha fazladır. Ancak pH'ın çok hızlı yükselerek nötral seviyeye gelmesi ve yüksek moleküler ağırlıklı likit sayesinde dentin tübüllerine penetrasyonun daha az olması çinko fosfata göre daha az pupal hasar vermesinin sebebi olarak açıklanabilir (Craig 1997, Anusavice 2003, Hill 2007, Pegoraro 2007).

Bu avantajlarının yanında, polikarboksilat simanlar karıştırma sırasında hassasiyet gerektirirler. Optimum özelliklerin sağlanması likit ve toz oranının üretici firmanın belirlediği oranlarda olduğu sürece mümkündür. Basınç dayanıklılıkları çinko fosfat simana göre düşüken, viskoelastitesileri daha yüksektir. Çalışma süreleri diğer materyallere göre daha kısadır. Diş dokularına adezyonun sağlanması için ise diş dokularının temiz olması gerekmektedir (Craig 1997, Anusavice 2003, Hill 2007, Pegoraro 2007).

2.1.5. Cam İyonomer Siman

Silikat, polikarboksilat, kompozit rezinlerin pozitif özelliklerini birleştirmek üzere ilk kez 1970'lerin başında Wilson ve Kent tarafından üretilen cam iyonomer simanlar 1974 yılında McLean ve Wilson tarafından geliştirilmiştir. Cam iyonomer simanlar, silikat simanların düşük termal genleşme katsayısı, asitlere karşı yüksek aşınma direnci ve florür salma, kompozit rezinlerin estetik, polikarboksilat simanların da adezyon özelliklerini bir araya getirmek için geliştirilmiştir (O'Brien 2002).

Cam iyonomer simanın tozu kalsiyum alüminyum florosilikat cam, likidi ise poliakrilik-itakonik asidinin % 50'lik sudaki çözeltisi veya % 5 tartarik asit içeren polikarboksilik asit kopolimeridir (O'Brien 2002, Anusavice 2003). Sertleşme reaksiyonu iyon salınımı yapan cam ile poliasit arasındaki reaksiyondur. Sertleşme iki aşamada gerçekleşir. İlk aşamada kalsiyum iyonları poliakrilik asidin karboksilat gruplarına bağlanmaktadır. Bu aşamada siman şekillendirilebilir kıvamdadır. İkinci aşamada ise alüminyum iyonları reaksiyona girerek alüminyum poliakrilat oluşur ve bu simanın son sertleşmesinden sorumludur. Reaksiyona giren tüm kalsiyum iyonları 3 saatte tamamen bağlanırken alüminyum iyonları 48 saatte kadar bağlanmaya devam eder (Summit et al., 2000).

Cam iyonomer simanlar, tam metal kronların, viner kron-köprülerin, paslanmaz çelik kronların, ortodontik braketlerin, metal destekli veya desteksiz porselen kronların ve postların simantasyonunda kullanılmaktadır (O'Brien 2002, Anusavice 2003, Rosenstiel et al., 2006).

Cam iyonomer simanın basınç dayanıklılığı 24 sonra 90-140 MPa'a gerilme dayanımı 6-8 MPa'a ulaşır. Elastisite modülü yaklaşık 7 GPa olarak bulunurken, su içerisindeki çözünürlüğünün % 1 olduğu belirtilmiştir (O'Brien 2002).

Cam iyonomer simanlar yüksek dayanıklılıkta ve sertlikte dirler. Florür salabilirler. Bu özellik cam iyonomer simanlara antikaryojenik özellik kazandırır. Böylelikle sekonder çürük oluşumunu engelledikleri düşünülmektedir. Özellikle gingival basamakta sonlanan restorasyonlarda ve plak temizliğinin zor olduğu bölgelerde cam iyonomer simanlar daha sıklıkla tercih edilmektedir. Düşük pH'larda çinko fosfat ve polikarboksilat simana göre daha az çözünme gösterirler. Mine ve

dentine kimyasal olarak bağlanabilirler. Isısal genleşme katsayıları ve ısı iletkenlikleri diş dokusuyla uyumludur (Roberson et al., 2010).

Bu avantajların yanında cam iyonomer simanların yavaş gerçekleşen sertleşme reaksiyonları, nem kontaminasyonuna karşı aşırı hassasiyetleri ve dehidratasyona duyarlı olmaları simanın mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemekte ve çözünürlüğünü artırmaktadır. Renklerinin opak olması estetik restorasyonlarda kullanımını sınırlamaktadır. Toz ve likit oranının hassas olması üreticileri toz ve likitin firmalarca ayarlandığı kapsül formlarını üretmeye yönlendirmiştir. Kapsüllerin pahalı olması ve kullanılacak miktarın ayarlanamaması bir dezavantaj olarak sayılabilir. Elastisite modüllerinin çinko fosfat simanların yarısı kadardır. Bu nedenle porselen restorasyonlarda çinko fosfatlara göre daha yüksek gerilme stresleri yaratmaktadırlar. Bunların yanında toksik iyonların etkisiyle uzayan düşük başlangıç pH bakterilerin marjinal sızıntısıyla ve dentinin dehidratasyonu ile sonuçlanabilir. Bunların hepsi post operatif hassasiyetin sebebi olarak düşünülmektedir. Ayrıca cam iyonomerlerin yapıştırma simanı olarak kullanılmasının restoratif olarak kullanılmasından daha fazla pulpal cevaba neden olduğu düşünülmektedir. Çünkü simantasyon için kullanılırken akışkanlık sağlamak için likit miktarı artırılacak ve pH daha uzun süre düşük seviyede seyredecektir. Bu durumda cam iyonomerler dentinin ince kaldığı preparasyonlarda yüksek oranda hassasiyete sebep olabilmektedir (Summitt 2000, O'Brien 2002, Anusavice 2003, Roberson et al., 2010).

2.1.6. Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar, 1980'li yıllarda geleneksel cam iyonomer simanların likidine suda çözünebilen rezin monomerlerin eklenmesi ile elde edilmişlerdir. Bu şekilde cam iyonomerlerin neme hassasiyetinin azalması ve dayanıklılığın artması hedeflenmiştir (Summitt 2000, Anusavice 2003). Rezin modifiye cam iyonomer simanlar, rezin ile güçlendirilmiş cam iyonomer, rezinomer, hibrit iyonomer gibi isimlerle anılabilirler (Rosenstiel et al., 2006, Hill 2007).

Tozu floroalüminosilikat cam ve kimyasal ve/veya ışıkla polimerizasyon için başlatıcıları içerir (Anusavice 2003). Likidi ise su, poliakrilik asit veya metakrilat ile

modifiye edilmiş poliakrilik asit ve hidroksietil metakrilat (HEMA) monomerler içerir. Sertleşme reaksiyonu metakrilat gruplarının polimerizasyonu ile başlar ve asit-baz reaksiyonu ile devam eder (O'Brien 2002, Anusavice 2003).

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar metal-porselen kron, köprülerin, metal inley, onley, kron ve postların, ortodontik braketlerin ve porselen restorasyonların simantasyonunda kullanılabilirler (Craig 1997).

Rezin modifiye cam iyonomer simanın basınç dayanıklılığı 132-155 MPa'a gerilme dayanımı 23-34 MPa olarak gösterilmiştir. Su içerisindeki çözünürlüğünün % 0-0.07 olduğu belirtilmiştir (Dong 2001).

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar mine, dentin ve metallere kimyasal olarak bağlanabilirler. Cam iyonomerler gibi florür iyonu salabilirler ve uygulamaları polikarboksilat ve cam iyonomere göre daha kolaydır. Ayrıca yeterli gerilme dayanımı gösterirler.

Estetik restorasyonlarda kullanılmak üzere renk seçeneklerinin az olması ve su emilimine bağlı genleşme göstermeleri ise dezavantajları arasında sayılabilir. Su emilimine bağlı genleşme tam seramik restorasyonlarda çatlaklara sebep olabilmektedir.

2.1.7. Poliasit Modifiye Kompozit Rezin Siman

Poliasit modifiye cam iyonomer simanlar kompomerler olarak da isimlendirilebilirler. Yapıları ve fiziksel özellikleri açısından kompozitlere, florür salınımı özellikleri açısından cam iyonomer simanlara benzerlik gösterirler. Temel olarak rezin matriks (üretan dimetakrilat, UDMA; hidroksimetilmetakrilat, HEMA ve tetrakarboksil bütan, TCB) ve hem kompozit rezinin polimerize olabilir gruplarını hem de cam iyonomer simanın asidik gruplarını içeren, asidik polimerize olabilir monomer içerir. Bunlara ilaveten yapılarında ağırlıkça % 72 oranında florür içeren florealüminosilikat cam doldurucu partikülleri, reaksiyon başlatıcılar, stabilizatörler ve pigmentler bulunur. Kompomerler su içermezler (Summitt 2000, Anusavice 2003, Roberson et al., 2010).

İlk sertleşme reaksiyonu metakrilat gruplarının polimerizasyonu ile başlar. Asidik monomer matriks içindeki diğer monomerlerle birleşerek asidik polimerleri oluşturur. Su içermediklerinden dolayı sertleşme reaksiyonu daha sonra ağız ortamında su emilimi ve asit baz reaksiyonu ile devam eder. Ardından asidin cama etkisi ile metal iyonları salınır ve bu iyonlar asit grupları ile çapraz bağlar oluşturur (Summitt 2000, Anusavice 2003, Roberson et al., 2010).

Poliasit modifiye kompozit rezin simanlar dentine asit uygulandığında yüksek bağlanma gösterirler. Çinko fosfat, polikarboksilat, cam iyonomer ve rezin modifiye cam iyonomer simanlara göre ağız sıvılarında daha az çözünürler ve daha yüksek mekanik özelliklere sahiptirler (Anusavice 2003).

Nem hassasiyetleri ve cam iyonomer simanlara göre daha az florür iyonu salmaları dezavantaj olarak sayılabilir (Summitt 2000).

2.2. Rezin Simanlar

Metil metakrilat esaslı rezin simanlar 1952'den itibaren indirekt restorasyonların simantasyonu için kullanılmaktadır (Hill 2007). Mekanik özelliklerinin diğer simanlara göre üstün olması rezin simanların hızla gelişmesine sebep olmuştur (Anusavice 2003). Rezin simanlar aslında düşük vizköziteli akışkan kompozitlerdir ve günümüzde kullanılan rezin simanların çoğunun içeriği dolgu için kullanılan kompozitlerle benzerlik göstermektedir (Anusavice 2003). Rezin simanlar ağız sıvılarında çok az çözünmeleri, estetik olmaları, hem diş hem de restoratif materyale bağlanabilmeleri ve çalışma zamanlarının uzun olması gibi nedenlerle özellikle metal olmayan inley, onley, laminate vener ve kronların simantasyonunda önerilmektedirler (Christensen 2007).

2.2.1. Rezin Simanların Yapısı

Rezin simanlar üç ayrı komponentten oluşmaktadır. Bunlar organik polimer matriks faz, inorganik faz ve iki fazı birbirine bağlayan ara fazdır (Summitt 2000).

Organik polimer matriks faz

Matriks faz, esas olarak yüksek moleküllü monomerlerden oluşur. Kompozit rezinlerde kullanılan yüksek moleküler ağırlıklı üretilen ilk monomer bisfenol glisidil dimetakrilattır (Bis-GMA). Bu monomer Bisfenol-A ve glisidil dimetakrilatın reaksiyon ürünü çift fonksiyonlu bir monomerdir. Bis-GMA'nın su emme özelliğinin fazla olması ve visköz olması yeni bir monomer arayışı ile sonuçlanmıştır. Bis-GMA'dan sonra üretilen monomer, üretan dimetakrilattır (UDMA). Her iki monomerin kıvamlarının yoğun olması kullanımlarını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle iki monomer de trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) ile dilüe edilmektedir (Roberson et al., 2010).

İnorganik faz

Rezinin mekanik ve fiziksel özelliklerini geliştirmek amacıyla matrikse çeşitli şekil ve büyüklükteki kuvars (kristalin silika), borosilikat cam, lityum alüminyum silikat, stronsiyum, baryum, çinko, itterbiyum, cam, baryum alüminyum silikat gibi inorganik doldurucu partiküller eklenir (Dayangaç, 2000, O'Brien et al., 2002). Ayrıca radyopasiteyi sağlamak amacıyla atom ağırlığı yüksek stronsiyum, baryum, zirkonyum ve itterbiyum elementleri eklenmektedir (O'Brien, 2002).

Doldurucu partiküllerin büyüklüğü, şekli ve miktarı rezinlerin fiziksel özelliklerini belirler. Partikül miktarı arttıkça organik matriks oranı düşer, ısıl genleşme katsayısı, polimerizasyon büzülmesi ve su emilimi azalır, dayanıklılık artar. Buna göre partikül miktarının artması resin sistemin mekanik özellikleri olumlu yönde etkilemektedir (Summitt 2000, Roberson et al., 2010). Ancak sistemdeki yüksek doldurucu miktarının bir dezavantajı, akıcılığı azaltarak film kalınlığını artırmasıdır (Anusavice 2003).

Ara faz

Matriks ile doldurucular arasında sıkı bir bağlanmayı sağlayan fazdır. Bu bağlanma silan bağlayıcı ajanlarla sağlanır. Bu moleküller çift fonksiyonludur. Bir uçları hidroksil grupları ile bağlanabilirken, diğeri matriks fazdaki monomer ile çift bağlar şeklinde kopolimerize olabilmektedir (Roberson et al., 2010).

Silan bağlama ajanları rezinin fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirdiği gibi rezin ile partikül ara yüzeyi boyunca suyun geçişini önleyerek hidrolitik dengeyi sağlar ve rezinin çözünürlüğü ile su emilimini azaltır (Anusavice 2003).

2.2.2. Rezin Simanların Sınıflandırılması

Rezin simanlar yakın bir geleceğe kadar simantasyon öncesi diş yüzeyine uygulanan adeziv sisteme göre ikiye ayrılmaktaydı. Bunlar asitlenen ve yıkanan adeziv sistemlerle (*total-etch*) birlikte kullanılan rezin simanlar ve kendinden asitli adeziv sistemlerle (*self-etch*) birlikte kullanılan rezin simanlardı. Ancak 2002 yılında rezin simanların mekanik ve bağlanma özellikleri diğer simanların kullanım kolaylığını birleştirmeyi hedefleyen self-adeziv rezin simanların ortaya çıkması ile sınıflamaya üçüncü bir rezin siman dahil oldu (Rodovic et al., 2008). Buna göre rezin simanlar aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

- *Total-etch* rezin simanlar
- *Self-etch* rezin simanlar
- Self-adeziv rezin simanlar

Asitlenen ve yıkanan adeziv sistemler ve kendinden asitli adeziv sistemler ile birlikte kullanılan rezin simanların her ikisi konvansiyonel rezin simanlar olarak da adlandırılabilirler (Burke 2005).

2.2.2.1. Asitlenen ve Yıkanan Adeziv Sistemlerle Birlikte Kullanılan Rezin Simanlar

Asitlenen ve yıkanan adeziv sistemler kullanım basamaklarının sayısına göre iki basamaklı ve üç basamaklı asitlenen ve yıkanan adeziv sistemler olarak ikiye ayrılır. Diş yüzeyi önce %30-40'luk fosforik asit ile asitlenir. Daha sonra üç basamaklı adeziv sistemlerde primer solüsyonu uygulaması ve ardından adeziv rezin solüsyonu uygulaması ile prosedür devam eder. İki basamaklı sistemlerde ise asit uygulamasını takiben tek şişede birleştirilen primer ve adeziv rezin solüsyonu uygulanır (De Munck et al., 2005).

Primer hidrofilik özellikteki monomerlerin organik çözücülerde çözündüğü bir solüsyondur. Adeziv rezin ise temel olarak hidrofobik monomerler içeren çözücüsüz, doldurucu veya doldurucusuz bir solüsyondur (Van Meerbeek et al., 2005).

Hem üç hem de iki basamaklı asitlenen ve yıkanan adeziv sistemlerin adezyon mekanizmaları benzerdir. Minenin asitlenmesi ile minedeki smear tabakası, prizmatik ve interprizmatik mineral kristalleri uzaklaştırılarak mikropörözitelere oluşturulur. Asitleme işlemi aynı dentin yüzeyini 3-5 µm derinliğinde demineralize ederek smear tabakasını uzaklaştırır ve böylece hidroksiapatitten arınmış bir kollajen ağı ortaya çıkarır. Ortaya çıkan kollajen fibriller, rezin polimerlerin mikromekanik olarak kilitlenmesi için mikroretantif bir ağ görevini görür (De Munck et al., 2005, Van Meerbeek et al., 2005).

Mineye primer uygulaması, asit uygulaması sonrası dehidrate olmuş mine yüzeyinin ıslanabilirliği artırılarak daha sonra uygulanacak olan adeziv rezinin infiltrasyonuna katkıda bulunur. Dentine primer uygulaması ise açığa çıkmış kollajen fibrillerini yeteri kadar ıslatarak fazla suyu uzaklaştırır ve adeziv rezin infiltrasyonu için dentini hazırlar. Böylece adezivin bağlanma dayanımını artırır (Van Meerbeek et al., 2003, Van Meerbeek et al., 2005).

Mineye adeziv rezin uygulanmasıyla önceden asit ile oluşturulan mikropörözitelere rezin monomerlerin infiltrasyonu gerçekleşir. Açığa çıkmış hidroksi apatit kristallerinin polimerize edilen monomerle örtülmesi sonucu minedeki bağlanma mekanizması tamamlanmış olur. Dentinde adeziv rezinin uygulanması sonucu rezin, kollajen, hidroksiapatit artıkları ve sudan oluşan hibrit

tabakası meydana gelir. Adeziv rezin, dentin tübüllerine infiltre olur ve rezin tagları oluşturur. Böylece dentindeki mikromekanik bağlanma mekanizması sağlanmış olur (Van Meerbeek et al., 2003, Van Meerbeek et al., 2005).

2.2.2.2. Kendinden Asitli Adeziv Sistemlerle Birlikte Kullanılan Rezin Simanlar

Kendinden asitli adezivler ek bir fosforik asit basamağına ihtiyaç duymazlar. Mine ve dentini aynı anda asitleyen ve primer uygulayan asidik monomerler içerirler. Kendinden asitli adezivler için literatürde birçok asidik monomer tanımlandı. Bu kendinden asitli adeziv monomerler en az üç komponenti içeren bifonksiyonel moleküllerdir. Üç komponentten birincisi kopolimerizasyon sayesinde adezivin diğer monomerleri ve restoratif materyalin her ikisiyle reaksiyon verebilen ve polimerize olabilen fosfat grubudur. İkincisi diş sert dokularını asitleyen ve diş ile bağlanabilen asit adeziv grubudur. Son grup ise çözünürlük, esneklik, ıslatma gibi monomer özellikleri etkileyen ara halka grubudur (Moszner et al., 2005). Adeziv monomerler fosfor içeren monomerler ve polimerize olabilen karboksilik asitler olarak ayrılırlar. Fosfonik asit ve asidik fosfat gibi fosfor içeren monomerlerin mine ve dentini asitleme özeliği vardır. Günümüzde kullanılan fosfor içeren monomerler MEP-P, MDP, MPP, MEP, HEMA fosfat ve PENTA-P'dır. Fosfonik asitler ise EAEP, MAEP, CAEP, NAEPA'dır (Moszner et al., 2005). Kendinden asitli adeziv sistemlere ilave edilen polimerize olabilen karboksilik asitler ise 4-META ve MAC-10'dur (Moszner et al., 2005).

Kendinden asitli adeziv sistemler uygulama şekillerine ve asit derecelerine göre alt gruplara ayrılırlar. Uygulama şekillerine göre iki ve tek basamaklı olarak ayrılırken asit derecelerine göre kuvvetli, orta kuvvetli ve hafif asidik olarak sınıflandırılırlar. PH'ı 1 veya 1'in altında olanlar kuvvetli asidik, pH'ı yaklaşık 1.5 olanlar orta kuvvetli asidik, pH'ı 2 veya 2'den büyük olanlar hafif asidik olarak adlandırılır. Bunlara ek olarak pH'ı 2.7 olanlar çok hafif asidik olarak adlandırılır (Van Meerbeek et al., 2003, Van Meerbeek et al., 2005).

Hafif asidik kendinden asitli adeziv sistemler dentini yüzeysel olarak demineralize ederler. Kollajen lifleri etrafındaki hidroksi apatit kristalleri tamamen

uzaklaştırılmaz. Smear tıkaçları dentin tübüllerinden genellikle tamamen uzaklaştırılmaz. Bunların sonucu olarak oldukça ince bir hibrit tabakası oluşur. Kuvvetli asidik kendinden asitli adeziv sistemlerle oluşturulan hibrit tabakası ise asitlenen ve yıkanan bir adeziv sistemle oluşturulana benzerlik gösterir. Transmisyon elektron mikroskobu (TEM) görüntülerinde içerisinde hidroksi apatit kristallerinin bulunmadığı kalın bir hibrit tabakası ve uzun rezin taglar gözlenmiştir. İnce bir hibrit tabakası oluşturmaya ve rezin tagların olmamasına rağmen orta kuvvetli kendinden asitli adeziv sistemler memnun edici sonuçlar vermektedir. Bunun nedeni monomerler ve hidroksiapatit kristalleri arasındaki kimyasal bağlanma olarak açıklanmaktadır. Karboksilik ve fosfat grupları bu monomerleri hidrofilik hale getirir ve hidroksiapatite kalsiyum ile iyonik olarak bağlanmayı sağlayan proton donörü olarak görev alır. Kimyasal bağlanma yeteneği monomere ait bir özelliktir ve kalsiyum-monomer bağının hidrolitik stabilitesine bağlıdır (Van Meerbeek et al., 2003). Farklı kendinden asitli adeziv sistemlerin performanslarının karşılaştırıldığı çalışmalarda çok farklı sonuçlar bulunmuştur. Bunun nedeni kullanılan fonksiyonel monomerin farklı özellikleriyle, asitlik derecesiyle, hidrolitik stabilitesi ve kimyasal bağ yapabilme kapasitesiyle yakından ilişkilidir (Van Meerbeek et al., 2005).

2.2.2.3. Self-Adeziv Rezin Simanlar

İlk olarak 2002 yılında piyasaya sürülen self-adeziv rezin simanlar konvansiyonel yapıştırma simanlarının uygulama kolaylığı ile rezin simanların üstün mekanik özellikleri, adezyon ve estetik kalitelerini birleştirmeyi amaçlamıştır (Radovic 2008).

Self-adeziv rezin simanlar diğer rezin simanlar gibi uygulama öncesi diş yüzeyinde bir hazırlık gerektirmezler. Siman karıştırıldıktan sonra uygulama çinko fosfat ve polikarboksilat simanlarda olduğu gibi tek adımda gerçekleşir. Diğer rezin simanlarda uygulanan adeziv sistemlerin bazıları smear tabakasını uzaklaştırmaktadır. Ancak self-adeziv rezin simanlar smear tabakasını uzaklaştırmadıkları için postoperatif hassasiyete neden olmadığı ileri sürülmüştür (Radovic et al., 2008). Çinkofosfat, polikarboksilat ve rezin simanların aksine nemi

tolere edebildikleri ve cam iyonomer simanlarla karşılaştırılabilecek kadar florür salınımı yapabildikleri savunulmaktadır. Bunun yanında estetik özelliklerinin, mekanik özelliklerinin, boyutsal stabilitelerinin, mikromekanik adezyonla diş dokularına bağlanabilme özelliklerinin rezin simanlara benzediği düşünülmektedir. Konvansiyonel ve rezin yapıştırma simanlarının olumlu özelliklerini birleştirdiği için oldukça yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Aynı zamanda uygulama basamaklarının azalması hastanın koltukta kalacağı süreyi azalttığı gibi adeziv prosedürün uygulanması sırasında oluşabilecek teknik hataları da minimuma indirir (Hikita et al., 2007, Radovic 2008).

İndirekt kompozit restorasyonların simantasyonunda kullanılan self-adeziv rezin simanlarda çapraz bağlı monomer olarak Bis-GMA, UDMA, TEGDMA bulunurken, *self-etch* adeziv monomerler olarak 4-metakriloiloksietil trimellitat anhidrit (4-META), dipentaeritrolpentaakrilol dihidrojen fosfat (PENTA-P), 2-hidroksietil metakril dihidrojenfosfat (HEMA-P), fosforik asit ester monomer ve 10-metakriloloksidesil dihidrojen fosfat (10-MDP) bulunmaktadır. Self-adeziv rezin simanların yapısında bulunan çözücüler, doldurucular, başlatıcılar ve stabilizatörler gibi diğer elemanlar konvansiyonel bir kompozit rezinde bulunanlarla benzerlik göstermektedir.

Self-adezivlerin multifonksiyonel monomerleri *self-etch* adeziv monomer içerdiği için düşük pH'a sahiptir. Diş yüzeyindeki suyla temas eden siman diş yüzeyini demineralize ederken eş zamanlı olarak diş dokularına penetre olur. Simanın polimerize edilmesiyle mine ve dentinde mikromekanik bir bağlanma sağlanmış olur (Radovic 2008).

Self-adeziv rezin simanların polimerizasyonu kimyasal olarak veya ışıkla başlatılabilir. Polimerizasyon, siman monomerlerinin çapraz bağlanmasıyla ve yüksek moleküler ağırlıklı polimerlerin meydana gelmesi ile sonuçlanır. Self-adeziv rezin simanlar karıştırıldığı anda yaklaşık olarak pH'ları 1'dir. Ancak bu değer çok kısa bir süre içerisinde 6'ya yükselir. Simanlardaki bu nötralizasyon mekanizması cam iyonomer simanlara benzetilebilir. Nötralizasyon fosforik asit gruplarının alkalın doldurucu partiküllerle ve hidroksi apatit kristalleriyle reaksiyonu sonucu gerçekleşir. Nötralizasyon sırasında su oluşur. Suyun oluşması simanın hidrofiliğini artırırken simanın diş dokularına daha iyi adapte olmasını sağlar.

Ayrıca dentin yüzeyinde simanın ıslanabilirliğini artırarak neme karşı toleransını artırır. Su, smear tabakasının demineralizasyonu için gerekli olan hidrojen iyonunun salınımı sırasında ve multifonksiyonel asidik fosfat monomerler ve alkalın doldurucu partiküller arasında gerçekleşen reaksiyonda yeniden kullanılır. Tüm bu reaksiyonlar sonucu hidrofilik yapıda bulunan siman daha kararlı hidrofobik bir yapıya dönüşür. Bu dönüşümün adeziv stabiliteyi artırdığı düşünülmektedir. Elde edilen adezyonun temeli mikromekanik bağlanmaya ve monomer asidik gruplarıyla hidroksi apatit arasındaki kimyasal bağlanmaya dayanır (Behr et al., 2003, Viotti et al., 2007, Radovic 2008).

Self-adeziv rezin simanlar piyasada iki pattan oluşan otomiks şırınga veya kapsül formunda bulunmaktadır. Otomiks şırıngalar aynı anda tüpten çıkan base ve aktivatörün sarmal bir tüp içerisinde karışarak tek bir delikten dışarı çıkması ile uygulanır. Kapsül formları ise özel delici aparatı ile aktive edildikten sonra karıştırıcıda karıştırılarak uygulayıcı ile uygulanır.

Self-adeziv rezin simanların endikasyonları; kompozit ve seramik inley, onley ve laminate venter restorasyonların, tam seramik kronların, metal destekli kron ve köprülerin, metal ve fiber postların simantasyonu olarak sıralanabilir (Behr et al., 2009).

2.2.3. Rezin Simanların Polimerizasyonu

Rezin simanlar üç polimerizasyon tiplerine göre üçe ayrılırlar.

- Kimyasal olarak polimerize olan rezin simanlar
- Işık ile polimerize olan rezin simanlar
- Işıkla ve kimyasal olarak polimerize olan rezin simanlar (*dual-cure*)

2.2.3.1. Kimyasal Olarak Polimerize Olan Rezin Simanlar

Kimyasal olarak polimerize olan rezin simanlar günümüzde az da olsa hala kullanılmaktadırlar. “Baz” ve “katalizör” olmak üzere iki pat yada toz-likit şeklinde üretilmişlerdir. Pat sisteminin her biri hacimsel olarak yarı yarıya organik monomer ve doldurucu içerir. Patlardan katalizörde polimerizasyonu başlatan benzoil peroksit, diğerinde polimerizasyonu hızlandıran organik amin bulunur. Toz-likit sisteminde, toz iyi dövülmüş borosilikat veya silika cam ile polimer toz ve organik peroksit başlatıcıdan oluşur. Likit ise amin hızlandırıcı içeren Bis-GMA veya diğer metakrilat monomerlerden oluşur. Polimerizasyon, iki komponentin karıştırılması ile kimyasal olarak başlamaktadır.

Bu materyallerin içerdiği tersiyer aromatik aminlerin ağızda kimyasal değişikliğe uğraması ile amin renklenmesi görüldüğünden renk stabilitesi iyi değildir (Dayangaç 2000, O’Brien 2002, Anusavice 2003, Rosenstiel et al., 2006, Roberson et al., 2010). Kimyasal olarak sertleşen rezin simanlar, renk stabilitesinin iyi olmamasının yanında sınırlı çalışma zamanı ve uzun sertleşme süresi gibi dezavantajlara sahiptirler. Ancak bu dezavantajlarına rağmen post sistemlerinin, metal destekli kronların ve adeziv köprülerin simantasyonunda kullanılabilirler (Roberson et al., 2010).

2.2.3.2. Işık ile Polimerize Olan Rezin Simanlar

Işıkla polimerize olan rezin simanlar, tek pat şeklinde üretilmişlerdir. Işıkla polimerize olan rezin simanların polimerizasyonu için en yaygın kullanılan cihazlar kuartz/tungsten/halojen ışık sistemleridir. Bunların dışında materyalin hızlı polimerizasyonu için plazma ark ve argon lazer kullanılabilir (Roberson et al., 2010). Tek pat halindeki rezin simanlar ışık emici olarak kamforokinon ve hızlandırıcı olarak da amin içerirler. Bunlar tüp içinde birlikte olmalarına karşın ışık uygulanmadıkça polimerizasyon reaksiyonunu başlatmazlar (Cenci et al., 2005).

Günümüzde yapıştırma simanı olarak kullanılan mikrodolduruculu ve hibrit kompozitlerin çoğu ışık ile polimerize olmakta ve üretilen dimetakrilat rezin matriks

içermektedir. Bu nedenle renk stabiliteleri kimyasal yolla sertleşen kompozit rezin yapıştırma simanlarına göre daha iyidir (Rosenstiel ve ark., 1998, Dayangaç 2000, Anusavice, 2003). Çalışma süreleri, kronların yerleştirilmesi ve taşan simanın temizlenmesi için uygundur. Farklı opasite ve renk seçeneklerine sahip olmaları estetik başarıyı artırmıştır (De Menezes et al., 2006).

Işıkla sertleşen rezin simanlar görünür ışığın penetrasyonuna tamamen izin veren, kalınlığı 1.5–2 mm den az olan translusent yapıdaki seramik restorasyonların simantasyonunda kullanılır. Bu sistemin dezavantajı sadece ışıkla sertleştiğinden dolayı simana ulaşan ışık gücünde herhangi bir değişim, simanın bütün fiziksel ve kimyasal özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir (O'Brien 2002, Rosenstiel et al., 2006).

2.2.3.3. Kimyasal ve Işıkla Polimerize Olan Rezin Simanlar

Hem kimyasal hem de ışıkla aktive olan bu sistemler çift pat veya toz-likit şeklinde bulunurlar. Kimyasal ve ışıkla polimerize olabildiklerinden dolayı ikili sertleşme anlamına gelen *dual-cure* rezin simanlar olarak da adlandırılabilirler. Kimyasal ve ışık ile polimerize olabilen rezin simanların baz kısmında diketon, kamforokinon gibi ışıkla aktive olan polimerizasyon sistemi bulunurken katalizör kısmında amin peroksit kimyasal polimerizasyon sistemi bulunur (O'Brien 2002, Anusavice 2003). Yavaş ilerleyen amin peroksit sistem, simanda erken sertleşmeleri engelleyerek restorasyon yerine yerleştirildikten hekime yeterli çalışma zamanı tanıyarak artık simanın temizlenmesine olanak sağlar (Takahashi et al., 2010).

Işıkla veya ikili sertleşen kompozit rezin yapıştırma simanlarının polimerizasyonu, görünür ışık kaynakları ile gerçekleştirilir. Işıkla polimerizasyon işleminden sonra, kimyasal polimerizasyon yavaş bir şekilde devam eder ve maksimum sertleşme 24 saat içinde tamamlanır. Bu tür polimerizasyonun en büyük avantajı, kimyasal olarak polimerize olanlara göre hekime yeterli çalışma zamanı sağlamasıdır. Hekim restorasyonun hastaya uygulanmasından sonra uygun zamanda polimerizasyon işlemini başlatabilir. Işıkla polimerize olanlarla karşılaştırıldığında ışığın ulaşmadığı derin bölgelerde de ışıktan bağımsız kimyasal olarak polimerize

olabilmesidir (Anusavice 2003). Polimerizasyonun tam olarak gerçekleşmesinden endişe edilen her ortamda kullanılması önerilen bu tip rezinler özellikle 2 mm'den daha kalın seramik veya kompozit restorasyonların uygulanmasında başarılıdırlar (Anusavice 2003, Arrais 2007).

Dual olarak polimerize olan simanlar; seramik ve kompozit inley ve onley restorasyonların, laminate venerlerin ve tam kronların simantasyonunda kullanılırlar (Anusavice 2003).

2.2.4. Rezin Simanların Farklı Restorasyon Yüzeylerine Adezyonu

İndirekt rstorasyonlar seramik, metal veya kompozit rezinden yapılabilir. Rezin simanların bu materyallere adezyonu farklı bağlanma mekanizmaları ile gerçekleşmektedir. Bu materyallerle adezyon için her materyalin yüzeyine uygulanacak işlemler farklılık göstermektedir (Anusavice 2003, Zohairy and Feilzer 2005).

2.2.4.1. Rezin Simanların Seramik Yüzeylere Bağlanması

Rezin simanların seramik yüzeylerine bağlanması ancak mikromekanik ve kimyasal bağlanma mekanizması ile sağlanabilir. Mekanik bağlanma seramik yüzeyinin pürüzlendirilmesi esasına dayanır. Bu işlem elmas frezlerle seramik yüzeyinin abrazyonu ve aşındırılmasıyla, alüminyum oksit partikülleriyle yüzeyin kumlanmasıyla veya farklı tipteki asitlerin kullanılarak seramik yüzeyinin pürüzlendirilmesiyle gerçekleşebilir (Rocca and Krejci 2007).

Elmas frezlerle yapılan aşındırma işlemlerinde seramikler parçalanabilir ve mikroçatlaklar oluşabilir. Bunun bağlanmayı olumsuz yönde etkileyeceği düşünülmektedir. Kumlama ile sadece kaba yüzeyler elde edilirken restorasyon marjınlarının zarar görme riski yüksektir (Rosentritt et al., 2004).

Asit uygulanması, mikroretantif kanallarda seramikteki cam matriks ve kristallerin çözülmesine neden olarak düzensiz yüzey oluşturur. Hidroflorik asit indirekt porselen restorasyonların yüzeyini asitlemek için kullanılan asitler arasında

en sık tercih edilenidir. Bazen hidroflorik asit yerine asitlenmiş fosfat florit ve fosforik asitte kullanılabilir (Santos et al., 2009, Dundar et al., 2010).

Seramik ile rezinin bağlanmasının etkili ve dayanıklı olması için yalnızca mekanik bağlanma tek başına yeterli olmamaktadır. Mekanik bağlanmanın yanında ek bir kimyasal bağlanmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için kullanılan en sık ve etkin metot silan bağlayıcı ajanlar kullanılmasıdır. Silan seramik yüzeyinin ıslanabilirliğini artıran ve rezin simanla seramik arasında kovalent bir bağ oluşmasını sağlayan bifonksiyonel moleküllerdir. Resin siman ve seramik yüzey arasındaki kimyasal bağlanma silanın içinde bulunan metakriloksipropil trimetoksisilanın (γ -MTPS) metoksi silan gruplarıyla porselen yüzeyindeki OH grupları arasındaki reaksiyon ile gerçekleşmektedir (Zohairy and Feilzer 2005).

2.2.4.2. Resin Simanların Kompozit Yüzeylere Bağlanması

İndirekt kompozit restorasyonun bağlanma yüzeyi, resin simanla bağlanmasını artırmak için mekanik ve kimyasal olarak modifiye edilmelidir. Hidroflorik asit kullanımı seramik restorasyonlarda olduğu gibi doldurucunun yapısını değiştirir. Hidroflorik asit kompozit yüzeylerinde özellikle silika cam doldurucularla reaksiyona girerek pürüzlendirme etkisi gösterir ve bağlanma dayanımını olumlu yönde etkiler. Ayrıca kompozitin yüzey enerjisi artırılır. Yüzey enerjisindeki artış kompozitin yapısına, asidin konsantrasyonuna ve uygulanma süresine göre değişebilmektedir. Hidroflorik asitin yüzeyin pürüzlendirerek sağladığı mekanik retansiyonun yanında agresif asitleme özelliğinden kaynaklanan dezavantajları da vardır. Agresif asitleme kompozit rezinde bulunan cam doldurucuların yüzeyden tamamen ayrılmasına neden olarak resin matriksin parsiyel olarak bozulmasına neden olabilir. Bu olay bağlanmayı olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Anusavice 2003, Zohairy and Feilzer 2005).

Kompozit yüzeylerinde mikromekanik bağlanma için yüzeyin pürüzlendirilmesinde kullanılan metotlardan diğerleri elmas frezler ve kumlama ile yüzeyin pürüzlendirilmesi işlemidir. Kompozit yüzeylerindeki kumlama 40 μ m ve altındaki alüminyum oksit partiküllerle yapılmaktadır. Elmas frez ve kumlama ile

yapılan pürüzlendirme sonrası boşluklarda biriken partiküllerin ultrasonik bir temizleme cihazı ile temizlenmesi önerilmektedir. Kompozit yüzeylerde bağlanma dayanımını artırmanın en etkili yolunun yüzey pürüzlendirme ve ultrasonik temizleme işleminden sonra yüzeye bir adeziv solüsyon uygulanmasının olduğu düşünülmektedir (Anusavice 2003, Zohairy and Feilzer 2005).

İndirekt kompozit restorasyonların polimerizasyonu, direkt kompozit restorasyonlardan farklı olarak polimerizasyon fırınlarında gerçekleştirilir. Bunun sebebi tüm kompozit materyalinin tam olarak polimerizasyonunu sağlayarak mekanik özelliklerini artırmaktır. Ancak tam polimerizasyonu gerçekleştirmiş kompozit yüzeyleri rezin simanla bağlanma için gerekli olan çift karbon bağı bulundurmaz. Bu nedenle bağlanma yüzeylerine ek bir silan uygulamasının bağlanma dayanımını artıracığı düşünülmektedir (Zohairy and Feilzer 2005).

2.2.4.3. Rezin Simanların Metal Yüzeylere Bağlanması

Metallerin bağlanma yüzeyinin pürüzlendirilmesi, 30-50 µm partikül büyüklüğündeki alüminyum oksit partikülleriyle 0.4-0.7 MPa hava basıncında kumlamayla veya elektrokimyasal asitleme işlemi ile yapılmaktadır. Bunlara ek olarak adezyonu geliştirmek için bazen primer solüsyonlar da kullanılabilir. İçeriğinde MDP ve 4-META bulunduran rezinlerin kullanımının bağlanmayı olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir. Çünkü metal yüzeylerinde doğal olarak oluşan oksitlerle MDP ve 4-META'nın reaksiyonu bağlanmaya katkıda bulunmaktadır. Ancak soy metaller oda sıcaklığında stabildirler ve yüzeyde oksit oluşturmazlar. Bu nedenle klinisyenler metal oksit oluşturarak bağlanmayı artırabilmek için metalin bağlanma yüzeyinde ortalama 0.5 µm kalınlığında ince bir kalay çökeltisi oluştururlar ve uygun ısıda ısıtırlar. Silika kaplama soy ve alaşımlarda da bağlanmayı artırmak için kullanılabilir (Anusavice 2003)

2.3. Bağlanma Dayanımının Değerlendirilmesi

Klinik alışmalar restorasyonların test edilmesi açısından önemlidirler ancak ağız ortamında restorasyonlara devamlı olarak gelen streslere bağlı olarak başarısızlığın gerçek nedenini belirlenemeyebilir. Laboratuvar testleri tek bir değişkenin etkisini diğer değişkenleri sabitleyerek değerlendirebilir. Bu testlerin sonucunda materyallerin uygun olarak kullanılması ve seçimi ile ilgili klinisyenlere net öneriler sunulabilir. Genellikle, yeni materyallerin veya tekniklerin araştırılmasında laboratuvar testleri kolay, hızlı ve ucuz yöntemlerdir. Özel bir test kurgusu içerisinde adeziv materyallerin etkinliklerini değerlendirmede kullanışlıdır. Klinik koşulların tamamen aynı şekilde taklit edilmesi çok zor olmasına rağmen restorasyonların uzun dönemde klinik koşullardaki davranışlarının tahmin edilmesi amaçlanmalıdır (Van Meerbeek 2003).

2.3.1. Bağlanma Dayanımı Testi

Ağız içindeki restorasyonlar, gıdaların öğütülmesi ve zafagusa geçişi sırasında birçok stresle karşılaşır. Özellikle restorasyonla diş arasındaki bağlanma yüzeyi ağızdaki hareketlilik sayesinde sürekli olarak farklı kuvvetlere maruz kalır. Fonksiyon sırasında, çiğneme sonucu ortaya çıkan mekanik stresler, sıcaklıktaki değişimlere bağlı olarak meydana gelen termal stresler, kimyasal stresler, pH değişimleri ve koroziv etkilerin bir sonucu olarak adezyonun bütünlüğünü etkilemektir. Bağlanma dayanımı testinin mekanizması bir adezivin gerçek bağlanma kapasitesi ne kadar yüksek ise bu tarz streslere direncinin o kadar yüksek ve restorasyonun *in vivo* koşullarda devamlılığının o kadar uzun olması şeklinde açıklanabilir (Armstrong 2010). Bağlanma dayanımı testleri sonuçları literatürde hazırlanan örneğin şekli, yüzey alanının büyüklüğü, kompozit tipi vb. gibi parametreler nedeniyle farklılık gösterebilir. Test kugusuna bağlı olarak laboratuvarlar arasında bağlanma dayanımı verilerinin farklılık göstermesinin normal olduğu belirtilmektedir (Van Meerbeek 2003, Armstrong 2010).

2.3.2. Gerilme Bağlanma Dayanımı Testi

Gerilme bağlanma dayanımı testi makrogerilme bağlanma dayanımı testi ve mikrogerilme bağlanma dayanımı testi olarak ikiye ayrılmaktadır. Makrogerilme bağlanma dayanımı testinde büyük kütleler halindeki kompozit blokları diş yapılarına bağlayan adezivler test edilirken, mikrogerilme bağlanma dayanımı testinde küçük boyutlardaki mine veya dentin alanlarına adezivlerin bağlanması değerlendirilir.

Sano ve arkadaşları (1994) tarafından tanıtılan mikrogerilme bağlanma dayanımı testi 1mm²'lik bağlanma alanı olan örneklerin kullanılmasını önermiştir. Bu araştırmacılar, mikrogerilme bağlanma dayanımının bağlanan yüzey alanı ile ters orantılı olduğunu ve yüksek bağlanma dayanımı değerleri ölçülmesine rağmen, birçok kopmanın diş ve adeziv arasındaki ara yüzeyde meydana geldiğini göstermişlerdir. Mikrogerilme bağlanma dayanımı testinin adeziv rezin ve diş sert dokusu arasındaki bağlanma dayanımını ölçebilen güvenilir bir test tekniği olduğu belirtilmektedir (Yang et al., 2005).

Mikrogerilme bağlanma dayanımı test metodunun birçok avantajı olduğu bildirilmektedir. Bir diştten birçok örnek elde edilebildiği için diş açısından konservatif olarak değerlendirilirler. Örnek hazırlama sırasında örneğin hazırlanacağı bölge (sklerotik, orta üçlü dentin derinliği gibi) belirlenerek bölgesel bağlanma dayanımı değerlendirilebilir. Kullanılan dişler arasındaki ve aynı diştten elde edilen örnekler arasındaki farklılıklar değerlendirilebilir. Aynı örnek üzerinde bir araştırmada kullanılabilecek mekanik, morfolojik ve kimyasal çalışmalar gibi tüm işlemleri yapabilmemize olanak sağlar. Mikrogerilme bağlanma dayanımı testinde daha çok adeziv başarısızlık olmakla beraber, koheziv başarısızlık daha azdır ve daha yüksek arayüz bağlanma dayanımı değerleri elde edilir. Mikrogerilme bağlanma testinde çok küçük örneklerin test edilmesi ve arayüz alanı yaklaşık olarak 1 mm² olduğundan başarısızlıkların taramalı elektron mikroskobu ile incelenmesi mümkündür.

Bu avantajlarının yanında yoğun çalışma ve teknik donanım gerektiren hassas bir örnek hazırlama tekniği olması, 5 MPa'ın altındaki ölçümleri gerçekleştirememesi, örneklerin çabuk dehidrate olması ve kırılma sonrası örnekleri

test cihazından çıkarırken bağlanma yüzeylerinin hasar görebilmesi gibi dezavantajları vardır (Armstrong 2010).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Materyal Seçimi

Çalışmada, Clearfil SA (Kuraray, Osaka, Japonya), RelyX Unicem (3M ESPE, St Paul, MN, ABD), SmartCem 2 (Dentsply, York, PA, ABD) ve G-Cem (GC, Tokyo, Japonya) olmak üzere dört adet ışıkla ve kimyasal olarak sertleşen self-adeziv rezin siman kullanıldı. Kontrol grubu olarak iki basamaklı *total-etch* adeziv sistemle birlikte kullanılan RelyX ARC (3M ESPE, St Paul, MN, ABD) ve üç basamaklı adeziv sistemle kullanılan Variolink II (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) seçildi. Ayrıca konvansiyonel rezin simanlardan Variolink II, bir *self-etch* adeziv sistemle birlikte kullanılarak dentinde de test edildi.

Çalışmada indirekt yöntemle hazırlanan kompozit bloklar kullanıldı (Filtek Z250, 3M ESPE, St Paul, MN, ABD). Kompozit bloklar universal bir mikrohbrit kompozit rezin olan Filtek Z250'nin A3 rengi ile hazırlandı. Çalışmada test edilen rezin simanların ve kompozit rezinin üretici firma isimleri, üretim noları, paketleme ve karıştırma şekilleri, tipleri ve içerikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

İndirekt yöntemle hazırlanan kompozit blokların ön polimerizasyon işlemleri ve rezin simanların simantasyonları için ışık gücü 600 mW/cm^2 olan quartz-tungsten-halojen bir ışık kaynağı (Demetron LC, Kerr, Orange, CA, ABD) kullanıldı. Cihazın ışık gücü düzenli aralıklarla bir radyometre ile ölçülerek 600 mW/cm^2 'nin altında olmadığından emin olundu. Kompozit bloklar son olarak bir polimerizasyon fırınında (Lumamat 100, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ışık ve ısı altında polimerize edildi. Polimerizasyon fırınında, ışık ile polimerizasyon 400-580 nm dalga boyundaki ve 1000 mW/cm^2 gücündeki ışık ile 10 dk'da, ısı ile polimerizasyon ise 104°C 'de 10 dk'da gerçekleştirildi.

Tablo 1: Çalışmada kullanılan rezin simanlara ait bilgiler (üretici firmalardan elde edilmiştir)

Materyal Üretici Firma Üretim No	Paketleme ve Karıştırma Şekli	Tipi Renk	Yapısı
Clearfil SA Kuraray, Osaka, Japonya 17AAB	Pasta-pasta, ikili şırınga Karıştırma ucu ile direk uygulama	Işıkla ve kimyasal sertleşen, kendinden adezivli rezin siman A2	<i>Pasta A:</i> 10-MDP, Bis-GMA, TEGDMA, hidrofobik aromatik dimetakrilat, silanlanmış baryum cam, silanlanmış koloidal silika, benzoil peroksit, dl-kamforkinon, başlatıcı <i>Pasta B:</i> Bis-GMA, hidrofobik aromatik dimetakrilat, hidrofobik alifatik dimetakrilat, silanlanmış baryum cam, silanlanmış koloidal silika, hızlandırıcı, sodyum florür, pigment <i>Doldurucu:</i> % ağırlıkça/hacimce; 66/45, 0.04-20 µm
RelyX Unicem 3M ESPE, St Paul, MN, ABD 369233	Kapsül, Mekanik karıştırma	Işıkla ve kimyasal sertleşen, kendinden adezivli rezin siman A2	<i>Toz:</i> Cam, silika, kalsiyum hidroksit, peroksi bileşiği, başlatıcı, pirimidin, pigment <i>Likit:</i> Fosforik asit metakrilatlar, dimetakrilat, asetat, başlatıcı, stabilizatör <i>Doldurucu:</i> % ağırlıkça/hacimce; 72/50, 9.5 µm
SmartCem2 Dentsply Caulk, York, PA, ABD 090331	Pasta-pasta, ikili şırınga Karıştırma ucu ile direk uygulama	Işıkla ve kimyasal sertleşen, kendinden adezivli rezin siman Translüsant	<i>Baz:</i> UDMA, üretan modifiye Bis-GMA, dimetakrilat, baryum bor florealümino silikat cam, hidrofobik amorf silika, başlatıcı, stabilizatör <i>Katalizör:</i> PENTA, UDMA, dimetakrilat, baryum bor florealümino silikat cam, hidrofobik amorf silika, bütillenmiş hidroksi toluen, başlatıcı, hızlandırıcı, titanyum dioksit, demir dioksit <i>Doldurucu:</i> <% 70 silikat cam, <% 5 silika, 3.8 µm

Tablo 1 (devamı): Çalışmada kullanılan rezin simanlara ait bilgiler (üretici firmalardan elde edilmiştir)

Materyal Üretici Firma Üretim No	Paketleme ve Karıştırma Şekli	Tipi Renk	Yapısı
G-Cem GC, Tokyo, Japonya 0909151	Pasta-pasta, ikili şırınga Karıştırma ucu ile direk uygulama	Işıklı ve kimyasal sertleşen, kendinden adezivli rezin siman A2	<i>Pasta A:</i> 4-META, fosforik asit ester monomer, UDMA, dimetakrilat, başlatıcı <i>Pasta B:</i> UDMA, alüminosilikat cam, distile su, kamforkinon, başlatıcı, stabilizatör, pigment <i>Doldurucu:</i> % ağırlıkça/hacimce; 70/65, 4.0 µm
RelyX ARC 3M ESPE, St Paul, MN, ABD GU9JK	Pasta-pasta, ikili tabanca Elde karıştırma	Işıklı ve kimyasal sertleşen, <i>total-etch</i> adeziv sistemle kullanılan konvansiyonel rezin siman A3	<i>Scotchbond Etchant:</i> %35'lik fosforik asit <i>Adper Single Bond 2 Adhesive:</i> Poliakrilik ve poliitakonik asitlerin metakrilat fonksiyonel kopolimeri, HEMA, Bis-GMA, dimetakrilatlar, etanol, su, fotobaşlatıcı, silika <i>Pasta:</i> Bis-GMA, TEGDMA, zirkonyum/silika doldurucu <i>Doldurucu:</i> % ağırlıkça; 67.5, 1.5 µm
Variolink II Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein N07596	Pasta-pasta, iki ayrı tüp Elde karıştırma	Işıklı ve kimyasal sertleşen, <i>total-etch</i> adeziv veya minede selektif asitleme gerektiren <i>self-etch</i> adeziv sistemle kullanılan konvansiyonel rezin siman Yellow	<i>Total Etch Etching Gel:</i> %37'lik fosforik asit <i>Syntac Primer:</i> Maleik asit, PEGDMA, TEGDMA, aseton, su <i>Syntac Adhesive:</i> PEGDMA, glutraldehit, su <i>Heliobond:</i> Bis-GMA, TEGDMA, stabilizatör, katalizör <i>Pasta A:</i> Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, inorganik doldurucu, yterbiyum triflorür, başlatıcı, stabilizatör <i>Pasta B:</i> Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, inorganik doldurucu, yterbiyum triflorür, benzoil peroksit, stabilizatör <i>Doldurucu:</i> % ağırlıkça/hacimce; 73.4/46.7, 0.04-3.0 µm

*Kısaltmalar: 10-MDP; 10-metakriloiloksidesil dihidrojen fosfat, Bis-GMA; Bisfenol A diglisidimetakrilat, TEGDMA; Trietilen glikol dimetakrilat, 4-META; 4-metakriloiloksietil trimellitat anhidrit, UDMA; Üretan dimetakrilat, PENTA; Dipenta eritritol pentaakrilat monofosfat, HEMA; 2-hidroksietil metakrilat, PEGDMA; polietilen glikol dimetakrilat, BisEMA; etoksillenmiş bisfenol A glikol dimetakrilat.

3.2.Dişlerin Toplanması

Çalışmada kullanılan dişler, çekim sonrası en fazla 3 ay içerisinde kullanılmak üzere, Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız-Diş-Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Kliniği ameliyathanesinden toplandı. Toplanan dişler arasında çürüğü, restorasyonu, ve florizisi olanlar, minede bir çatlak ve kırığı bulunanlar, çalışmaya dahil edilmedi. Dişler üzerindeki yumuşak doku artıkları, kemik parçacıkları ve diş taşları periodontal bir küret ile uzaklaştırıldı. Renklenmeler pomza ve su ile temizlendi. Seçilen dişler oda sıcaklığında %2'lik sodyum azit solusyonunda (Merk KGaA, Darmstadt, Almanya) saklandı.

Çalışma için toplam 75 adet insan üçüncü molar dişi kullanıldı. Mikrogerilme bağlanma dayanımı için seçilen dişler rastgele 17 test grubuna ayrıldı (n=3). Ara yüzey morfolojisinin değerlendirilmesinde kullanılan dişler ise 6 test grubuna ayrılarak incelendi (n=4).

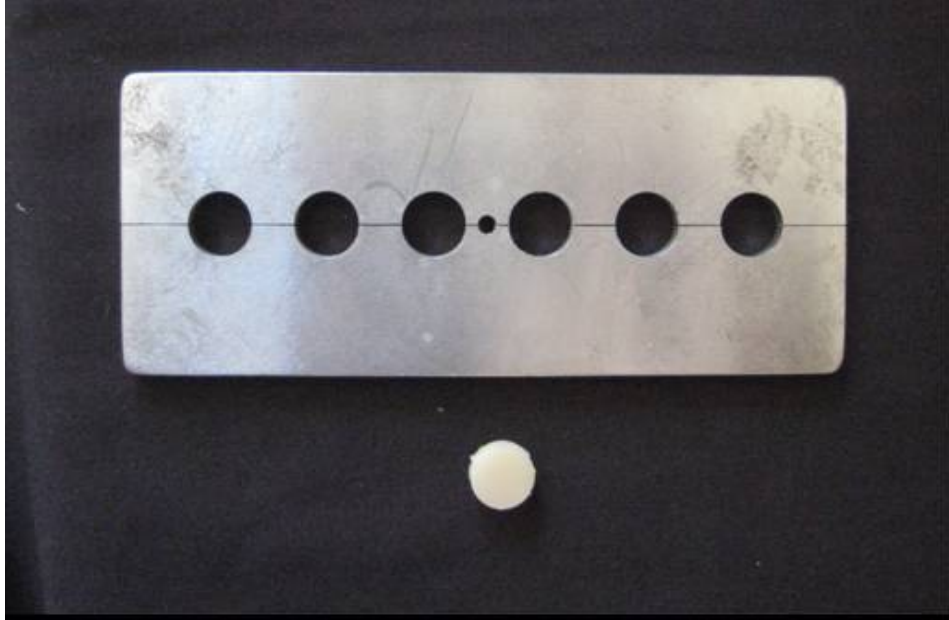
3.3. Mikrogerilme Bağlanma Dayanımı

3.3.1. Ön Çalışma

Çalışmamıza başlamadan önce operatörün mikrogerilme bağlanma dayanımı testinde deneyimini artırmak ve operatörden kaynaklanabilecek hataları önceden tespit edip, çalışma sırasında bunları en az indirmek amacıyla bir ön çalışma yapıldı. Bu amaçla üç basamaklı asitlenen ve yıkanan, iki ve tek basamaklı kendinden asitli adeziv sistemler kullanılarak 17 diştten 234 ve self-adeziv rezin siman kullanılarak 5 diştten 73 örnek elde edildi. Bu örneklerin hepsine mikrogerilme bağlanma dayanımı testi uygulandı. Test sonuçları, daha önceden laboratuvarlarımızda yapılan diğer mikrogerilme bağlanma dayanımı çalışmalarıyla ve literatürdeki ilgili makalelerle uyumlu bulundu.

3.3.2. Kompozit Blokların Hazırlanması

Kompozit bloklar 12 mm çapında 5 mm ykseklinde olan paslanmaz çelikten hazırlanmış kalıplar kullanılarak hazırlandı (Resim 1). Kompozit rezin (Filtek Z250, 3M ESPE, St Paul, MN, ABD), önceden bir siman camının üzerine sabitlenmiş kalıbın içerisine 2 mm'lik tabakalar halinde yerleştirildi ve her tabaka görünür ışık cihazı ile 40 sn sertleştirildi (Demetron LC, Kerr, Orange, CA, ABD). Son tabaka yerleştirildikten sonra siman camı, kalıbın üzerine yerleştirilerek görünür ışık cihazı ile 40 sn polimerize edildi (Demetron LC, Kerr, Orange, CA, ABD).



Resim 1. İndirekt kompozit blokların hazırlanması sırasında kullanılan paslanmaz elik kalıp ve hazırlanmış bir kompozit blok

Kalıptan ıkarılan örneklerin final polimerizasyonu bir polimerizasyon fırınında (Lumamat 100, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ışık ve ısı altında gerçekleştirildi (Resim 2). Bunun için örnekler 400-580 nm dalga boyu, 1000 mW/cm² gücündeki ışıkta 10 dk, 104 C'deki ısıda 10 dk ve son olarak soğutmada 5 dk olmak üzere toplam 25 dk fırında bekletildi.



Resim 2. Polimerizasyon fırını

Kompozit blokların rezin simanla temas edecek olan yüzeyleri bir kumlama cihazında (Silfradent, Sofia, İtalya), partikül büyüklüğü 50 μm olan alüminyum oksit tozu ile aşındırıldı. Aşındırma işlemi 10 mm mesafeden 10 sn süreyle ve 2 atm basınçta hava ile gerçekleştirildi. Daha sonra ultrasonik temizleme cihazında 2 dk süreyle distile suda yıkandı (Resim 3).



Resim 3. Ultrasonik temizleme cihazı

3.3.3. Mine Örneklerinin Hazırlanması

Dişlerin kökleri mine-sement birleşiminin 2 mm altından kesildi ve kimyasal olarak setleşen bir akrilik rezinden (Imicryl, Konya, Türkiye) hazırlanmış 1.6 x 1.6 cm boyutlarındaki bloklar içerisine gömüldü.

Yüzey altı mine dokusunun açığa çıkarılması için dişlerin bukkal ve lingual veya palatinal yüzeyleri su soğutması altında düşük devirli bir hassas kesim cihazı (Micracut125, Metkon, Bursa, Türkiye) ve bir elmas kesme diski (Dimos, Metkon, Türkiye) ile prepare edildi (Resim 4). Açığa çıkarılan yüzeyin sadece mine dokusu içerdiğinden emin olmak için örnekler bir stereomikroskop (S4E, Leica Microsystems, Almanya) ile dentin dokusunun varlığı açısından incelendi. Düz mine yüzeyleri elde etmek ve uniform bir smear tabakası oluşturmak için örneklerin mine yüzeyleri otomatik bir polisaj cihazında (Forcipol, Metkon, Bursa), su altında 180 grenli silikon karbit zımpara (Dempa-Pl, Metkon, Bursa, Türkiye) ile 15 sn süre ile aşındırıldı (Resim 5). Oluşturulan smear tabakasının tüm örneklerde sabit olabilmesi için aşındırma süresi sabit tutuldu.

Self-adeziv resin siman asitlenmiş mine örneklerinin hazırlanmasında, self-adeziv resin siman mine örneklerinin hazırlandığı prosedür kullanıldı. Mine yüzeyleri self-adeziv resin siman uygulamasından önce %37'lik fosforik asitle (3M ESPE, St Paul, MN, ABD) 30 sn süresince asitlendi, yıkandı ve kurutuldu. Daha sonra mine ve asitlenmiş mine yüzeyleri için, resin simanlar indirekt yöntemle hazırlanmış kompozit blokların alüminyum oksit ile aşındırılmış yüzeylerine üretici firmanın önerileri doğrultusunda uygulandı (Tablo 2). Resin siman uygulanmış kompozit bloklar 1 kg'lık ağırlıkla mine yüzeylerine yerleştirildi (Duarte et al., 2008). Resin siman artıkları sond yardımıyla uzaklaştırıldı. Bukkal, palatinal, mezial ve distal yönlerden ışık gücü 600 mW/cm^2 olan quartz-tungsten-halojen bir ışık kaynağı (Demetron LC, Kerr, Orange, CA, ABD) ile firma önerileri doğrultusunda polimerize edildi.

Örnekler mikrogerilme bağlanma dayanımı testinden önce 37°C 'deki etüvde (Elektro-Mag, İstanbul, Türkiye) distile suda içerisinde 24 sa saklandı.



Resim 4. Hassas kesme cihazı ve elmas kesme diski

3.3.4. Dentin Örneklerinin Hazırlanması

Dişlerin kökleri mine-sement birleşiminin 2 mm altından kesildi ve kimyasal olarak setleşen bir akrilik rezinden (Imicryl, Konya, Türkiye) hazırlanmış 1.6 x 1.6 cm boyutlarındaki bloklar içerisine gömüldü.

Dentin yüzeyinin açığa çıkarılması için okluzal mine yüzeyi su soğutması altında düşük devirli bir hassas kesme cihazı (Micracut125, Metkon, Bursa, Türkiye) ve bir elmas kesme diski (Dimos, Metkon, Türkiye) ile prepare edildi. Açığa çıkarılan yüzeyin sadece dentin dokusu içerdiğinden emin olmak için örnekler bir stereomikroskop (S4E, Leica Microsystems, Almanya) ile mine dokusunun varlığı açısından incelendi. Düz dentin yüzeyleri elde etmek ve uniform bir smear tabakası oluşturmak için örneklerin dentin yüzeyleri otomatik bir polisaj cihazında (Forcipol, Metkon, Bursa), su altında 180 grenli silikon karbit zımpara (Dempa-Pl, Metkon,

Bursa, Türkiye) ile 15 sn süre ile aşındırıldı. Oluşturulan smear tabakasının tüm örneklerde sabit olabilmesi için aşındırma süresi sabit tutuldu.

Rezin simanlar indirekt yöntemle hazırlanmış kompozit blokların alüminyum oksit ile aşındırılmış yüzeylerine üretici firmanın önerileri doğrultusunda uygulandı (Tablo 2). Rezin siman uygulanmış kompozit bloklar 1 kg'lık ağırlıkla dentin yüzeyine yerleştirildi (Duarte et al., 2008). Rezin siman artıkları sond yardımıyla uzaklaştırıldı. Bukkal, palatinal, mezial ve distal yönlerden ışık gücü 600 mW/cm^2 olan quartz-tungsten-halojen bir ışık kaynağı (Demetron LC, Kerr, Orange, CA, ABD) ile firma önerileri doğrultusunda polimerize edildi.

Örnekler mikrogerilme bağlanma dayanımı testinden önce 37°C 'deki etüvde (Elektro-Mag, İstanbul, Türkiye) distile suda içerisinde 24 sa saklandı.



Resim 5. Aşındırma ve metalografik polisaj cihazı

Tablo 2: Çalışmada kullanılan rezin simanların uygulama şekilleri

Materyal Üretici Firma	Mine ve Dentin Yüzeyinde Yapılan Hazırlık	Kompozit Rezinde Yapılan Hazırlık	Karıştırma ve Uygulama
<i>Self-Adeziv</i>			
Clearfil SA Kuraray	Herhangi bir işlem uygulanmadı	50 µm alümina ile kumlama, 2 dak ultrasonik banyo	Karıştırıcı uçtan çıkan siman kompozit yüzeyine konulur, kompozit blok mine/dentin yüzeyine yerleştirilerek üzerine 1 kg'lık ağırlık uygulanır, 2-5 sn ışık ile sertleştirilerek fazlalıklar uzaklaştırılır, kompozit blok her bir yönden 20'şer sn ışık ile polimerize edilir, kimyasal polimerizasyon için 5 dak beklenir.
RelyX Unicem 3M ESPE	Herhangi bir işlem uygulanmadı	50 µm alümina ile kumlama, 2 dak ultrasonik banyo	Kapsül karıştırıcıda 15 sn karıştırılan siman kompozit yüzeyine konulur, kompozit blok mine/dentin yüzeyine yerleştirilerek üzerine 1 kg'lık ağırlık uygulanır, 2 sn ışık ile sertleştirilerek fazlalıklar uzaklaştırılır, kompozit blok her bir yönden 20'şer sn ışık ile polimerize edilir, kimyasal polimerizasyon için 5 dak beklenir.
SmartCem2 Dentsply Caulk	Herhangi bir işlem uygulanmadı	50 µm alümina ile kumlama, 2 dak ultrasonik banyo	Karıştırıcı uçtan çıkan siman kompozit yüzeyine konulur, kompozit blok mine/dentin yüzeyine yerleştirilerek üzerine 1 kg'lık ağırlık uygulanır, 10 sn ışık ile sertleştirilerek fazlalıklar uzaklaştırılır, kompozit blok her bir yönden 40'ar sn ışık ile polimerize edilir, kimyasal polimerizasyon için 6 dak beklenir.
G-Cem GC	Herhangi bir işlem uygulanmadı	50 µm alümina ile kumlama, 2 dak ultrasonik banyo	Karıştırıcı uçtan çıkan siman kompozit yüzeyine konulur, kompozit blok mine/dentin yüzeyine yerleştirilerek üzerine 1 kg'lık ağırlık uygulanır, 2-4 sn ışık ile sertleştirilerek fazlalıklar uzaklaştırılır, kompozit blok her bir yönden 20'şer sn ışık ile polimerize edilir, kimyasal polimerizasyon için 4 dak beklenir.

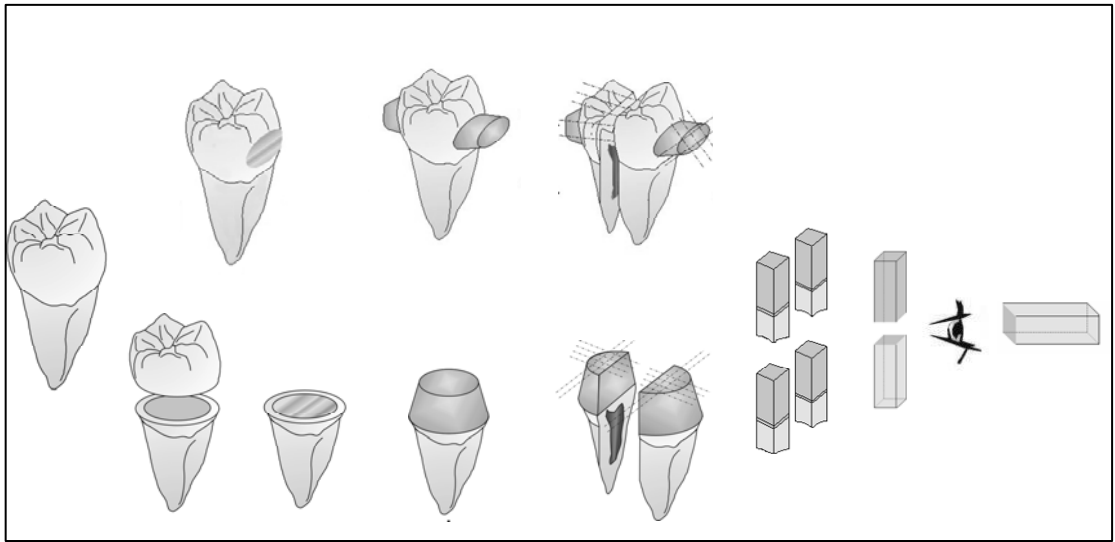
Tablo 2 (devamı): Çalışmada kullanılan rezin simanların uygulama şekilleri

Materyal Üretici Firma	Mine ve Dentin Yüzeyinde Yapılan Hazırlık	Kompozit Rezinde Yapılan Hazırlık	Karıştırma ve Uygulama
<i>Total-Etch</i>			
RelyX ARC 3M ESPE	Scotchbond Etchant, mine ve dentine 15 sn uygulanır, 10 sn yıkanarak sünger peletle kurutulur, Adper Single Bond 2 Adhesive, 15 sn 2 kat uygulanır, 5 sn hafifçe kurutulur, 10 sn ışık ile polimerize edilir.	50 µm alümina ile kumlama, 2 dak ultrasonik banyo, RelyX Seramik Primer uygulanır, 5 sn kurutulur	Karıştırıcı uçtan eşit oranında çıkartılarak elde karıştırılan siman kompozit yüzeyine konulur, kompozit blok mine/dentin yüzeyine yerleştirilerek üzerine 1 kg'lık ağırlık uygulanır, 3-5 dak sonra fazlalıklar uzaklaştırılarak kompozit blok her bir yönden 40'ar sn ışık ile polimerize edilir.
Variolink II* Ivoclar Vivadent	Total Etch Gel, mineye 30 sn, dentine 15 sn uygulanır, 5 sn yıkanarak sünger peletle kurutulur, Syntac Primer 15 sn uygulanır ve kurutulur, Syntac Adhesive 10 sn uygulanır ve kurutulur, Heliobond uygulanır.		Tüplerinden eşit oranda çıkartılarak elde karıştırılan siman kompozit yüzeyine konulur, kompozit blok mine/dentin yüzeyine yerleştirilerek üzerine 1 kg'lık ağırlık uygulanır, 10-20 sn ışık ile sertleştirilerek fazlalıklar uzaklaştırılır, kompozit blok her bir yönden 40'ar sn ışık ile polimerize edilir.
<i>Self-Etch</i>			
Variolink II* Ivoclar Vivadent	Total Etch Gel, mineye 30 sn uygulanır, yıkanıp kurutulur, Syntac Primer mine ve dentine 15 sn uygulanır ve kurutulur, Syntac Adhesive 10 sn uygulanır ve kurutulur, Heliobond uygulanır.	50 µm alümina ile kumlama, 2 dak ultrasonik banyo, Monobond Plus 60 sn uygulanır ve kurutulur, Heliobond uygulanır	Tüplerinden eşit oranda çıkartılarak elde karıştırılan siman kompozit yüzeyine konulur, kompozit blok mine/dentin yüzeyine yerleştirilerek üzerine 1 kg'lık ağırlık uygulanır, 10-20 sn ışık ile sertleştirilerek fazlalıklar uzaklaştırılır, kompozit blok her bir yönden 40'ar sn ışık ile polimerize edilir.

*Variolink II, hem minede selektif asitleme gerektiren *self-etch* adeziv sistem ile hem de *total-etch* adeziv sistem ile birlikte kullanılan bir konvansiyonel rezin simandır.

3.3.5. Mikrogerilme Bağlanma Dayanımı Testi için Mine ve Dentin rneklerinin Hazırlanması

Kompozit bloklar ile hazırlanan diş örnekleri kare kesitli kompozit rezin-rezin siman-mine ve kompozit rezin-rezin siman-dentin örnekleri elde etmek için düşük devirli hassas kesme cihazı (Micracut125, Metkon, Bursa, Türkiye) ve bir elmas kesme diski (Dimos, Metkon, Türkiye) kullanılarak elde edildi (şekil 1).



şekil 1. Mikrogerilme bağlanma dayanımı test prosedürüne ait şematik izim

Kesimler bağlanma yüzeylerine dik olarak gerçekleştirildi. Kesim sırasındaki her adım dijital olarak ayarlandı ve 0.3 mm kalınlığındaki disk ile 1.0x1.0 mm genişliğinde ve 8-9 mm uzunluğunda kare kesitli çubuk şeklinde örnekler elde edildi (Resim 6).

Örnekler bağlanma yüzeylerinin zarar görmediğinden ve kesimlerin kompozit rezin-rezin siman-mine ve kompozit rezin-rezin siman-dentin yüzeyine dik yapıldığından emin olmak için stereomikroskop (S4E, Leica Microsystems, Almanya) altında incelendi. Bağlanma yüzeyleri zarar görmüş olan ve bağlanma ara yüzeyi düz bir hat şeklinde olmayan örnekler çalışmaya dahil edilmedi.



Resim 6. Mikrogerilme bağlanma dayanımı testi için hazırlanmış örnekler

3.3.6. Mikrogerilme Bağlanma Dayanımı Testi

Örnekler, test aracına, kompozit ve mine/dentin ucundan siyanoakrilat bir yapıştırıcı (Zapit, Dental Ventures of America Inc, Corona, CA, ABD) ile sabitlendi. Yapıştırıcının ve hızlandırıcısının çubuk şeklindeki örneklerin bağlanma yüzeylerine bulaşmamasına özen gösterildi. Örnekler kırılma elde edilinceye kadar universal test cihazında (LR 5K Lloyd, İngiltere) 1mm/dk'lık hızda 100 N'luk gerilme kuvveti uygulanarak strese maruz bırakıldı (Resim 7).

Bağlanma yüzey alanının hesaplanması için örneklerin boyutları dijital bir kumpas (Mitutoyo, Kawasaki, Japonya) ile bağlanma yüzeyine en yakın bölgesinden ölçüldü ve bağlanma yüzey alanı saptandı. Kırılma anında kaydedilen kuvvetin (N) bağlanma yüzey alanına (mm^2) bölünmesiyle elde edilen mikrogerilme bağlanma dayanımı değeri megapaskal (MPa, N/mm^2) cinsinden ifade edildi.

Örneklerin tümü hazırlanmaları ve test işlemi süresi boyunca nemli tutuldu. Test edilmeden önce başarısız olan örneklerin sayısı kaydedildi ve mikrogerilme bağlanma dayanımı değeri 0 MPa olarak alınarak ortalamaya dahil edildi.



Resim 7. Mikrogerilme bağlanma dayanımı test cihazı

3.4. Başarısızlık Tiplerinin Analizi

3.4.1. Işık Mikroskobu ile Değerlendirme

Mikrogerilme bağlanma dayanımı testi uygulanan örneklerin tümü başarısızlık tiplerinin belirlenmesi amacıyla bir stereomikroskop (S4E, Leica Microsystems, Almanya) altında x63 büyütmede incelendi (Resim 8).

Başarısızlık tipleri koheziv tip başarısızlık (mine/dentin, rezin siman ve kompozitte), adeziv tip başarısızlık (mine/dentin-rezin siman ara yüzeyinde ve rezin siman kompozit ara yüzeyinde), karışık tip başarısızlık olarak kaydedildi.



Resim 8. Stereomikroskop

Başarısızlık tiplerinin tanımları aşağıdaki gibi yapıldı.

Mine/dentinde koheziv tip başarısızlık: %75 veya daha fazla mine yüzeyinin kendi içinde kırıldığıнын görülmesidir.

Rezin simanda koheziv tip başarısızlık: %75 veya daha fazla rezin siman yüzeyinin kendi içinde kırıldığıнын görülmesidir.

Kompozitte koheziv tip başarısızlık: %75 veya daha fazla kompozit yüzeyinin kendi içinde kırıldığıнын görülmesidir.

Mine/dentin-rezin siman ara yüzeyinde adeziv tip başarısızlık: Örneğin mine/dentin-rezin siman ara yüzeyinden kırılmasıdır. %75 veya daha fazla bir alanda mine/dentin yüzeyinin görülmesidir.

Rezin siman-kompozit ara yüzeyinde adeziv tip başarısızlık: Örneğin rezin siman-kompozit ara yüzeyinden kırılmasıdır. %75 veya daha fazla bir alanda rezin siman yüzeyinin görülmesidir.

Karışık tip başarısızlık: Tanımlanan başarısızlık tiplerinden en az ikisinin, her biri %75'den az olmak üzere ara yüzeyde görülmesidir.

3.4.2. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Değerlendirme

Başarısızlık tiplerini elektron mikroskobu ile analiz etmek için, her materyale ait mine, dentin ve asitlenmiş mine gruplarından birer tane olmak üzere toplam 3 adet örnek seçildi. Seçilen örnekler, o grup için en çok gözlenen başarısızlık tipini gösteren ve mikrogerilme bağlanma dayanımı değeri ortalamaya en yakın olanıydı.

İnceleme için seçilen örnekler önce bir karbon yapıştırıcı aracılığıyla numune tutucuya monte edildi ve son olarak bir taramalı elektron mikroskop ile (SEM, Vega II Lsu, Tescan, İngiltere) 150 militorr düşük vakumda, 20kV flaman geriliminde X200 büyütmede incelendi (Resim 9).



Resim 9. Taramalı elektron mikroskobu

3.5. İstatistiksel Analiz

Elde edilen veriler SPSS programına (Windows, SPSS 11.0) kaydedildi ve istatistiksel olarak değerlendirildi. Mikrogerilme bağlanma dayanımı değerlerinin değerlendirilmesi için gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanıldı. Farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunun saptanması ise 0,05 anlamlılık düzeyinde Tukey's HSD post hoc çoklu karşılaştırmalı testi ile yapıldı.

3.6. Ara Yüzey Morfolojisi

3.6.1. Mine Örneklerinin Hazırlanması

Dişlerin kökleri mine-sement birleşiminin 2 mm altından kesildi ve kimyasal olarak setleşen bir akrilik rezinden (Imicryl, Konya, Türkiye) hazırlanmış 1.6 x 1.6 cm boyutlarındaki bloklar içerisine gömüldü.

Yüzey altı mine dokusunun açığa çıkarılması için dişlerin bukkal ve lingual/palatinal yüzeyleri su soğutması altında düşük devirli bir hassas kesim cihazı (Micracut125, Metkon, Bursa, Türkiye) ve bir elmas kesme diski (Dimos, Metkon, Türkiye) ile prepare edildi. Açığa çıkarılan yüzeyin sadece mine dokusu içerdiğinden emin olmak için örnekler bir stereomikroskop (S4E, Leica Microsystems, Almanya) ile dentin dokusunun varlığı açısından incelendi. Düz mine yüzeyleri elde etmek ve uniform bir smear tabakası oluşturmak için örneklerin mine yüzeyleri otomatik bir polisaj cihazında (Forcipol, Metkon, Bursa), su altında 180 grenli silikon karbit zımpara (Dempa-Pl, Metkon, Bursa, Türkiye) ile 15 sn süre ile aşındırıldı. Oluşturulan smear tabakasının tüm örneklerde sabit olabilmesi için aşındırma süresi sabit tutuldu.

Self-adeziv resin siman asitlenmiş mine arayüz örneklerinin hazırlanmasında self-adeziv resin siman mine arayüz örneklerinin hazırlanması için uygulanan aynı prosedür kullanıldı. Ancak self-adeziv resin siman uygulamasından önce hazırlanan

mine yüzeyleri %37'lik fosforik asit ile (3M ESPE, St Paul, MN, ABD) 30 sn süresince asitlendi, yıkandı ve kurutuldu. Daha sonra rezin simanlar mine ve asitlenmiş mine yüzeylerine uygulandı ve üzerlerine bir siman camı konularak 1 kg'lık ağırlık altında polimerize edildi (Jan De Munck et al., 2004). Daha sonra rezin siman yüzeyleri 2 mm kalınlığında ışıkla sertleşen akışkan kompozit rezin materyali (Clearfil Protect Bond Liner, Kuraray, Tokyo, Japonya) ile kaplandı ve görünür ışık cihazı kullanılarak 40 sn polimerize edildi (Demetron LC, Kerr). Son olarak su soğutması altında bir düşük devirli hassas kesme cihazı (Micracut125, Metkon, Türkiye) ve elmas kesme diski (Dimos, Metkon, Türkiye) ile bukkolingual yönde rezin-mine arayüzüne dik olarak kesildi. Böylelikle, her bir diştten iki adet bağlanma ara yüzeyi elde edildi.

3.6.2. Dentin Örneklerinin Hazırlanması

Dişlerin kökleri mine-sement birleşiminin 2 mm altından kesildi ve kimyasal olarak setleşen bir akrilik rezinden (Imicryl, Konya, Türkiye) hazırlanmış 1.6 x 1.6 cm boyutlarındaki bloklar içerisine gömüldü.

Dentin yüzeyinin açığa çıkarılması her bir rezin siman için seçilmiş iki diştten birinin okluzal mine yüzeyi su soğutması altında düşük devirli bir hassas kesme cihazı (Micracut125, Metkon, Bursa, Türkiye) ve bir elmas kesme diski (Dimos, Metkon, Türkiye) ile prepare edildi. Açığa çıkarılan yüzeyin sadece dentin dokusu içerdiğinden emin olmak için örnekler bir stereomikroskop (S4E, Leica Microsystems, Almanya) ile mine dokusunun varlığı açısından incelendi. Düz dentin yüzeyleri elde etmek ve uniform bir smear tabakası oluşturmak için örneklerin dentin yüzeyleri otomatik bir polisaj cihazında (Forcipol, Metkon, Bursa), su altında 180 grenli silikon karbit zımpara (Dempa-PI, Metkon, Bursa, Türkiye) ile 15 sn süre ile aşındırıldı. Oluşturulan smear tabakasının tüm örneklerde sabit olabilmesi için aşındırma süresi sabit tutuldu.

Rezin siman kırılmış dentin arayüzünün incelenmesi için dişler okluzal üçlülerinden kırıldı ve smear tabakası içermeyen kırık dentin yüzeyleri elde edildi. Daha sonra rezin simanlar smear tabakası oluşturulmuş ve kırılarak smear tabakası

içermeyen kırık dentin yüzeyine de uygulandı. Üzerlerine bir siman camı konularak 1 kg'lık ağırlık altında polimerize edildi (Jan De Munck et al., 2004). Polimerizasyon sonrası rezin siman yüzeyleri 2 mm kalınlığında ışıkla sertleşen akışkan kompozit rezin materyali (Clearfil Protect Bond Liner, Kuraray, Tokyo, Japonya) ile kaplandı ve görünür ışık cihazı kullanılarak 40 sn polimerize edildi (Demetron LC, Kerr). Son olarak su soğutması altında bir düşük devirli hassas kesme cihazı (Micracut125, Metkon, Türkiye) ve elmas kesme diski (Dimos, Metkon, Türkiye) ile bukkolingual yönde rezin-dentin arayüzüne dik olarak kesildi. Böylece, her bir diştten iki adet bağlanma ara yüzeyi elde edildi.

3.6.3. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Değerlendirme

Elde edilen ara yüzey örnekleri sırasıyla %37'lik fosforik asit (3M ESPE, St Paul, MN, ABD) içerisinde 10 sn ve % 5'lik sodyum hipoklorit içerisinde 2 dk bekletildi. Solüsyondan çıkarılan örnekler 1 dk distile su ile yıkandı ve 24 saat boyunca oda sıcaklığında kurumaya bırakıldı. Kuruyan örnekler bir karbon yapıştırıcı aracılığı ile numune tutucuya monte edildi. Daha sonra bir taramalı elektron mikroskobunda (SEM, Vega II Lsu, Tescan, İngiltere) 150 militorr düşük vakumda, 20kV flaman geriliminde X1000 büyütmede incelendi.

4. BULGULAR

4.1. Mikrogerilme Bağlanma Dayanımı Bulguları

Çalışmada test edilen rezin simanların mine, asitlenmiş mine ve dentindeki mikrogerilme bağlanma dayanımına ait ortalama değerleri ve standart sapmaları Tablo 3 ve Şekil 2, 3 ve 4’de gösterilmiştir. Ayrıca, her gruptaki mikrogerilme bağlanma dayanımı testi için hazırlanan örneklerin sayısı ve bağlanma yüzey alanına ait ortalama değerler de Tablo 3’te belirtilmiştir.

Buna göre bağlanma dayanımı testi uygulanan örneklerle ait mine ve dentindeki adeziv rezin ve/veya rezin siman uygulanan yüzey alanı ortalama $0.95 \pm 0.04 \text{ mm}^2$ olarak hesaplandı. Her grup için seçilen üç adet molar diştten elde edilen toplam örnek sayısı (N) 29 ile 49 arasında değişmekteydi.

Hazırlanan örneklerin, mikrogerilme bağlanma dayanımı testinin uygulanmasından önce kırılması test öncesi başarısızlık olarak ifade edildi. Çalışmamızda, test öncesi başarısızlık hassas kesme cihazında örneklerin preparasyonu sırasında veya örneklerin test cihazına yerleştirilmesi sırasında meydana geldi. Bu örneklerin mikrogerilme bağlanma dayanımı değerleri 0 MPa olarak kaydedilerek hesaplamalara dahil edildi. Dentinde test edilen self-adeziv rezin rezin simanların tümünde test öncesi başarısızlık gösteren örneklerle rastlanırken (n=1), asitlenmiş mine yüzeyine bağlanan self-adeziv rezin simanlarda teste tabi tutulmadan önce başarısız olan örnek yoktu. Minede test edilen simanlardan ise SmartCem 2 ve G-Cem’de başarısızlık gösteren örneğe rastlanmadı.

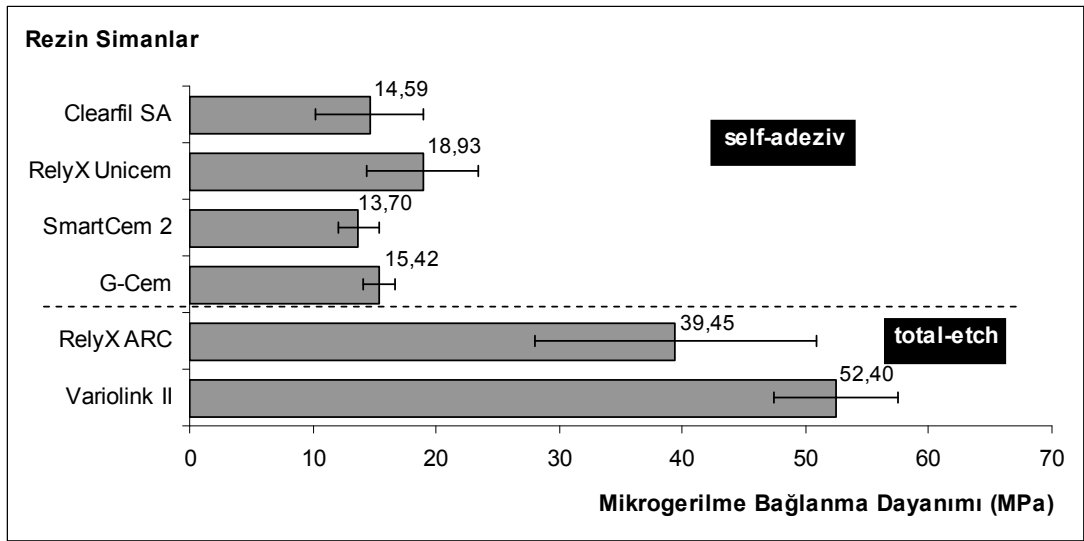
Kontrol grubu olarak alınan Variolink II’e ait dentin yüzeyinden elde edilen örnekler, hem *self-etch* adeziv hem de *total-etch* adeziv sistemle birlikte kullanıldığında çok fazla test öncesi başarısızlık gösterdi (sırasıyla n/N=32/44, 17/36). Bununla beraber, Rely X ARC’nin minedeki başarısız olan örnek sayısı n=2 iken, Variolink II’nin n=0 olarak saptandı (Tablo 3).

Tablo 3: Test edilen rezin simanlara ait mikrokerilme bağlanma dayanımı değerleri

	Mikrokerilme Bağlanma Dayanımı (Ortalama ± Standart Sapma)			Bağlanma Yüzey Alanı (Ortalama ± Standart Sapma)			Test Öncesi Başarısızlık (n) / Toplam Örnek Sayısı (N)		
	Mine	Asitlenmiş Mine	Dentin	Mine	Asitlenmiş Mine	Dentin	Mine	Asitlenmiş Mine	Dentin
<i>Self-Adeziv</i>									
Clearfil SA	14.59±4.44 ^{a,b,c}	26.49±7.19 ^{e,f}	12.33±3.32 ^{a,b}	0.96±0.06	0.91±0.02	0.95±0.05	2/36	0/33	1/49
RelyX Unicem	18.93±4.57 ^{c,d}	30.92±3.87 ^{f,g}	13.69±4.50 ^{a,b,c}	0.96±0.06	0.94±0.06	0.94±0.04	2/40	0/35	2/46
SmartCem 2	13.70±1.66 ^{a,b,c}	23.00±2.49 ^{d,e}	8.77±2.94 ^a	0.95±0.05	0.98±0.06	0.96±0.07	0/31	0/36	1/33
G-Cem	15.42±1.30 ^{b,c}	26.79±2.99 ^{e,f}	11.91±2.49 ^{a,b}	0.96±0.04	0.95±0.04	0.94±0.04	0/29	0/29	1/40
<i>Total-Etch</i>									
RelyX ARC	39.45±11.46 ^h	-	33.77±9.90 ^{g,h}	0.99±0.07	-	0.93±0.02	2/30	-	1/44
Variolink II	52.40±5.03 ⁱ	-	10.06±9.90 ^{a,b}	0.96±0.04	-	0.93±0.04	0/30	-	17/36
<i>Self-Etch</i>									
Variolink II	-	-	10.99±4.79 ^{a,b}	-	-	0.94±0.04	-	-	32/44

* Mikrokerilme bağlanma dayanımı değerleri MPa cinsinden ifade edilmiştir. Aynı harfleri taşıyan değerler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır (p<0.05, Tek Yönlü Varyans Analizi, Tukey HSD Çoklu Karşılaştırma). Test öncesi başarısız olan örneklerle ait mikrokerilme bağlanma dayanımı değerleri 0 MPa olarak alınmıştır.

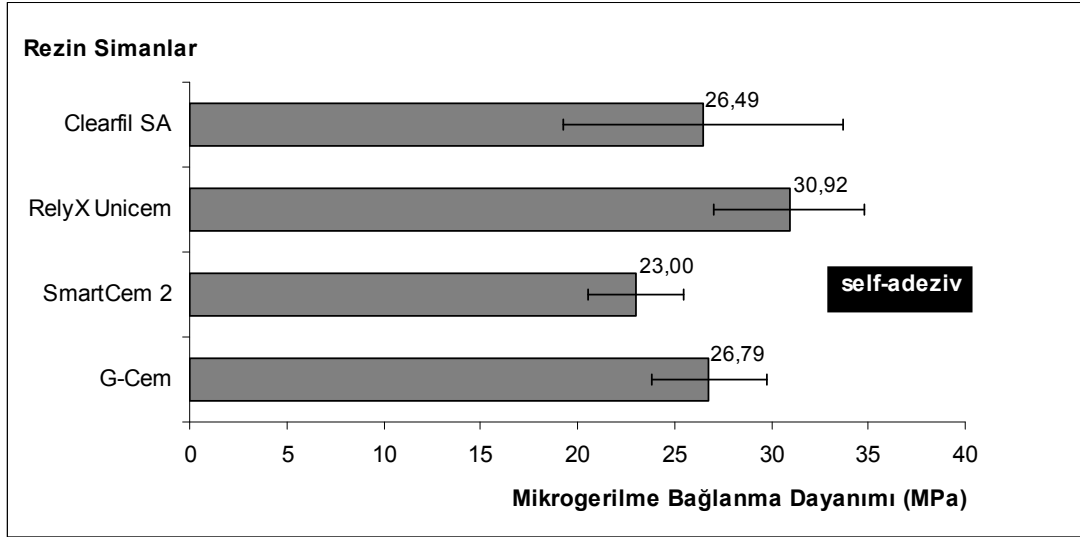
Self-adeziv resin simanların minedeki mikrogerilme bağlanma dayanımları karşılaştırıldığında; en yüksek değeri RelyX Unicem gösterirken (18.93 ± 4.57 MPa) bunu sırasıyla G-Cem (15.42 ± 1.30 MPa), Clearfil SA (14.59 ± 4.44 MPa) ve SmartCem 2 (13.70 ± 1.66 MPa) izledi (Şekil 2). Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda self-adeziv resin simanların minedeki mikrogerilme bağlanma dayanımları arasında anlamlı bir fark bulunmadı ($p > 0.05$, Tek yönlü ANOVA, Tukey HSD).



Şekli 2. Rezin simanların minedeki mikrogerilme bağlanma dayanımı sonuçlarının grafiksel gösterimi

Self-adeziv resin simanlar uygulanmadan önce mine yüzeyinin fosforik asit ile asitlenmesi sonucu bu simanların mikrogerilme bağlanma dayanımı değerlerinin arttığı saptandı (RelyX Unicem; 30.92 ± 3.87 MPa, G-Cem; 26.79 ± 2.99 MPa, Clearfil SA; 26.49 ± 7.19 MPa, SmartCem 2; 23.00 ± 2.49 MPa). Bu simanların minedeki ve asitlenmiş minedeki bağlanma etkinlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlendi ($p < 0.05$, Tek yönlü ANOVA, Tukey HSD). Self-adeziv resin simanlar, asitlenmiş mine yüzeyine bağlanmaları açısından birbirleriyle karşılaştırıldığında ise, sadece RelyX Unicem ve SmartCem 2 arasında istatistiksel

olarak anlamlı bir fark saptandı ($p<0.05$, Tek yönlü ANOVA, Tukey HSD). Diğer self-adeziv resin simanların asitlenmiş mine yüzeyine bağlanma etkinlikleri benzer bulundu ($p>0.05$, Şekil 3).

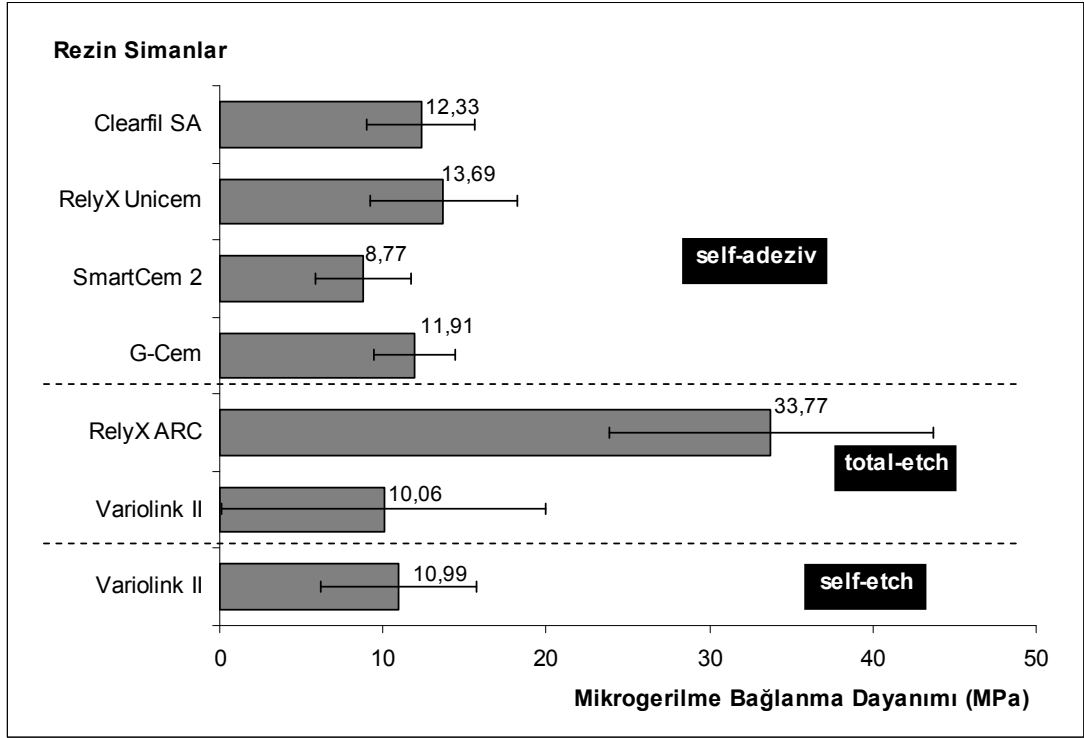


Şekli 3. Rezin simanların asitlenmiş minedeki mikrogerilme bağlanma dayanımı sonuçlarının grafiksel gösterimi

Uygulandığı dentin yüzeyinde en yüksek mikrogerilme bağlanma dayanımı değeri gösteren self-adeziv resin siman yine RelyX Unicem olarak belirlendi (13.69 ± 4.50 MPa). Diğer self-adeziv resin simanlara ait değerler sırasıyla Clearfil SA; 12.33 ± 3.32 MPa, G-Cem; 11.91 ± 2.49 MPa, SmartCem 2; 8.77 ± 2.94 MPa olarak saptandı (Şekil 4). Self-adeziv resin simanların dentine bağlanmaları açısından aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0.05$, Tek yönlü ANOVA, Tukey HSD).

Self-adeziv resin simanların mine ve dentindeki bağlanma etkinlikleri karşılaştırıldığında, her bir simanın minedeki bağlanma dayanımı değerinin, dentindeki bağlanma dayanımı değerinden daha yüksek olduğu belirlenmesine rağmen, bu farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı saptandı ($p>0.05$, Tek yönlü ANOVA, Tukey HSD). Bununla beraber tüm self-adeziv resin simanlara ait

dentindeki bağlanma dayanımı değerleri, minenin asitlendiği gruplardaki değerlerinden daha düşük olarak belirlendi ($p<0.05$, Tek yönlü ANOVA, Tukey HSD).



Şekil 4. Resin simanların dentindeki mikrogerilme bağlanma dayanımı sonuçlarının grafiksel gösterimi

Kontrol grubu olarak seçilen konvansiyonel resin simanlardan biri olan RelyX ARC'nin, mine ve dentinde gösterdiği yüksek bağlanma dayanımı değerleri (sırasıyla 39.45 ± 11.46 MPa ve 33.77 ± 9.90 MPa) ile self-adeziv resin simanların mine ve dentindeki değerleri arasında önemli derecede fark vardı ($p<0.05$, Tek yönlü ANOVA, Tukey HSD). Bu simanın, mine ve dentindeki bağlanma etkinliğinin benzer olduğu saptandı ($p>0.05$, Tek yönlü ANOVA, Tukey HSD).

Resin simanlar içerisinde minedeki en yüksek mikrogerilme bağlanma dayanımını *total-etch* adeziv sistemle birlikte kullanılan Variolink II gösterdi

($p < 0.05$, Tek yönlü ANOVA, Tukey HSD). Buna rağmen bu konvansiyonel rezin simanın dentindeki bağlanma etkinliği, hem *self-etch* hem de *total-etch* adeziv sistemle birlikte kullanıldığında self-adeziv rezin simanların dentindeki bağlanma etkinliğinden farksız bulundu ($p > 0.05$, Tek yönlü ANOVA, Tukey HSD).

4.2. Başarısızlık Tipleri

Işık mikroskobu ile elde edilen inceleme sonucunda, mikrogerilme bağlanma dayanımı testi uygulanan rezin siman gruplarında, mine ve asitlenmiş minede belirlenen başarısızlık tiplerine ait örnek sayıları Tablo 4'te, dentinde saptanan başarısızlık tiplerine ait örnek sayıları Tablo 5'te gösterilmiştir. Başarısızlık tiplerinin gruplara göre yüzdesel dağılımları ise Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmiştir.

Rezin simanların tipinden bağımsız olarak, simanların uygulandıkları diş yüzeyleri açısından karşılaştırıldığında, mine yüzeyinde en çok karşılaşılan başarısızlık tipinin mine/dentin-siman arayüzünde adeziv olduğu gözlemlendi (mine; $n/N=86/191$, dentin; $163/236$). Minenin fosforik asit ile asitlenmesinden sonra uygulanan rezin simanlar ise en çok minede koheziv tip başarısızlık gösterdi ($n/N=39/132$) (Tablo 4).

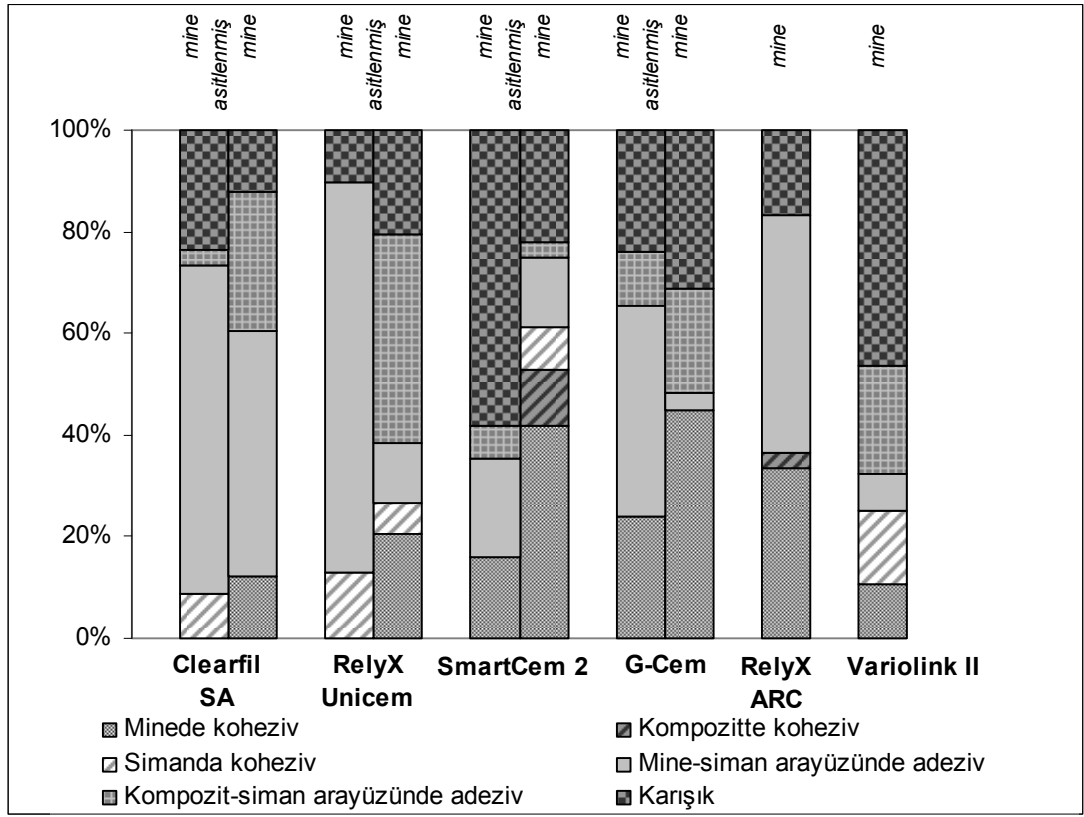
Çalışmada test edilen self-adeziv rezin simanlar Clearfil SA, RelyX Unicem ve G-Cem'in, minede en çok gözlenen başarısızlık tipinin mine ile rezin siman arayüzünde adeziv tip başarısızlık olduğu belirlendi (sırasıyla % 65, % 77 ve % 41). Asitlenmiş minede test edildiklerinde ise Clearfil SA yine en çok mine-rezin siman arayüzünde adeziv tip başarısızlık gösterirken (% 48), RelyX Unicem kompozit-rezin siman arayüzünde adeziv (% 41) ve G-Cem minede koheziv tip başarısızlık (% 45) gösterdi. SmartCem 2'ye ait başarısızlık tipleri minede en çok karışık tip (% 58), asitlenmiş minede ise minede koheziv tip (% 42) başarısızlık olarak kaydedildi (Şekil 5).

Tablo 4: Işık mikroskobu ile yapılan inceleme sonucu elde edilen mineye ait kopma tiplerinin sayısal dağılımı

	Minede koheziv	Kompozitte koheziv	Simanda koheziv	Mine-siman arayüzünde adeziv	Kompozit-siman arayüzünde adeziv	Karışık	Toplam (N)
MİNE							
<i>Self-Adeziv</i>							
Clearfil SA	0	0	3	22	1	8	34
RelyX Unicem	0	0	5	30	0	4	39
SmartCem 2	5	0	0	6	2	18	31
G-Cem	7	0	0	12	3	7	29
<i>Total-Etch</i>							
RelyX ARC	3	0	4	2	6	13	28
Variolink II	10	1	0	14	0	5	30
Toplam (n)	25	1	12	86	12	55	191
ASİTLENMİŞ MİNE							
<i>Self-Adeziv</i>							
Clearfil SA	4	0	0	16	9	4	33
RelyX Unicem	7	0	2	4	14	7	34
SmartCem 2	15	4	3	5	1	8	36
G-Cem	13	0	0	1	6	9	29
Toplam (n)	39	4	5	26	30	28	132

Tablo 5: Işık mikroskobu ile yapılan inceleme sonucu elde edilen dentine ait kopma tiplerinin sayısal dağılımı

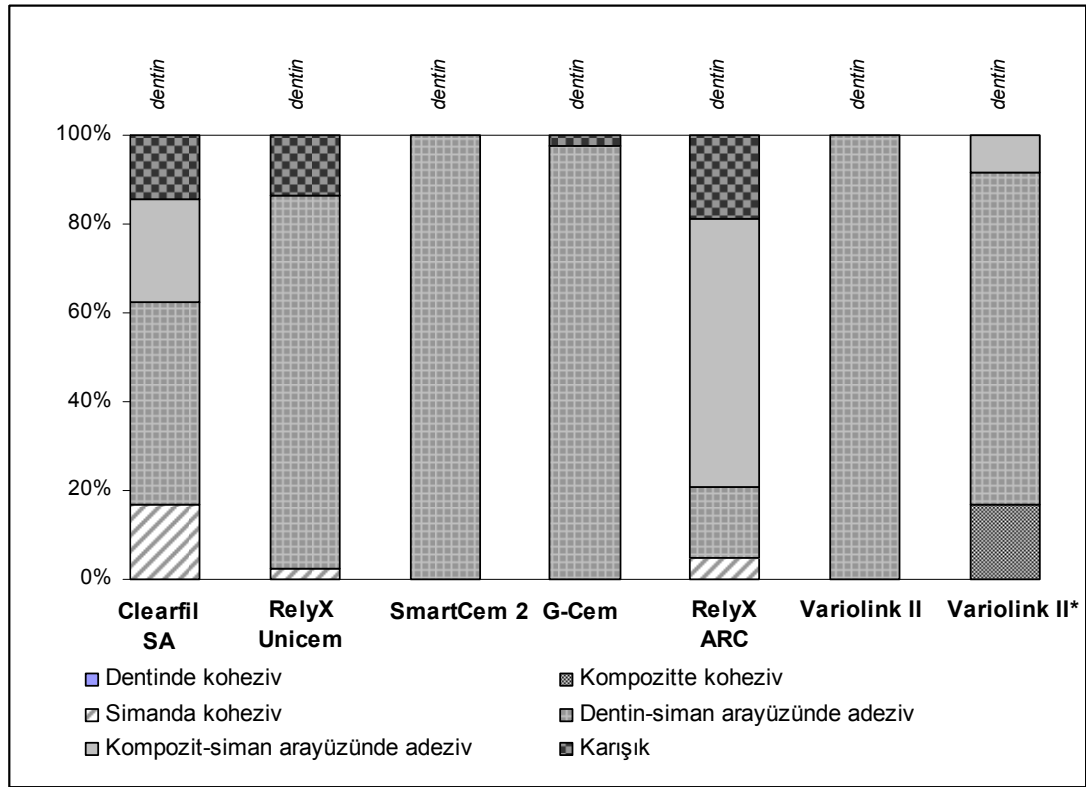
	Dentinde koheziv	Kompozitte koheziv	Simanda koheziv	Dentin-siman arayüzünde adeziv	Kompozit-siman arayüzünde adeziv	Karışık	Toplam (N)
DENTİN							
<i>Self-Adeziv</i>							
Clearfil SA	0	0	8	22	11	7	48
RelyX Unicem	0	0	1	37	0	6	44
SmartCem 2	0	0	0	31	0	0	31
G-Cem	0	0	0	38	0	1	39
<i>Total-Etch</i>							
RelyX ARC	0	0	2	7	26	8	43
Variolink II	0	0	0	19	0	0	19
<i>Self-Etch</i>							
Variolink II	0	2	0	9	1	0	12
Toplam (n)	0	2	11	163	38	22	236



Şekil 5. Mineye ait kopma tiplerinin rezin simanlara göre yüzde dağılımları

Dentindeki başarısızlık tipleri karşılaştırıldığında ise, tüm self-adeziv rezin siman gruplarında en çok gözlenen başarısızlık tipi dentin-rezin siman arayüzünde adeziv tip başarısızlık olarak belirlendi (n/N=163/236) (Tablo 5).

Kontrol gruplarından RelyX ARC, minede en çok karışık tip başarısızlık gösterirken dentinde kompozit-rezin siman arayüzünde adeziv tip başarısızlık gösterdi. Variolink II, minede en çok mine-rezin siman arayüzünde adeziv tip başarısızlık gösterirken dentinde dentin-rezin siman arayüzünde adeziv tip başarısızlık gösterdi (Tablo 4- 5 ve Şekil 5-6).

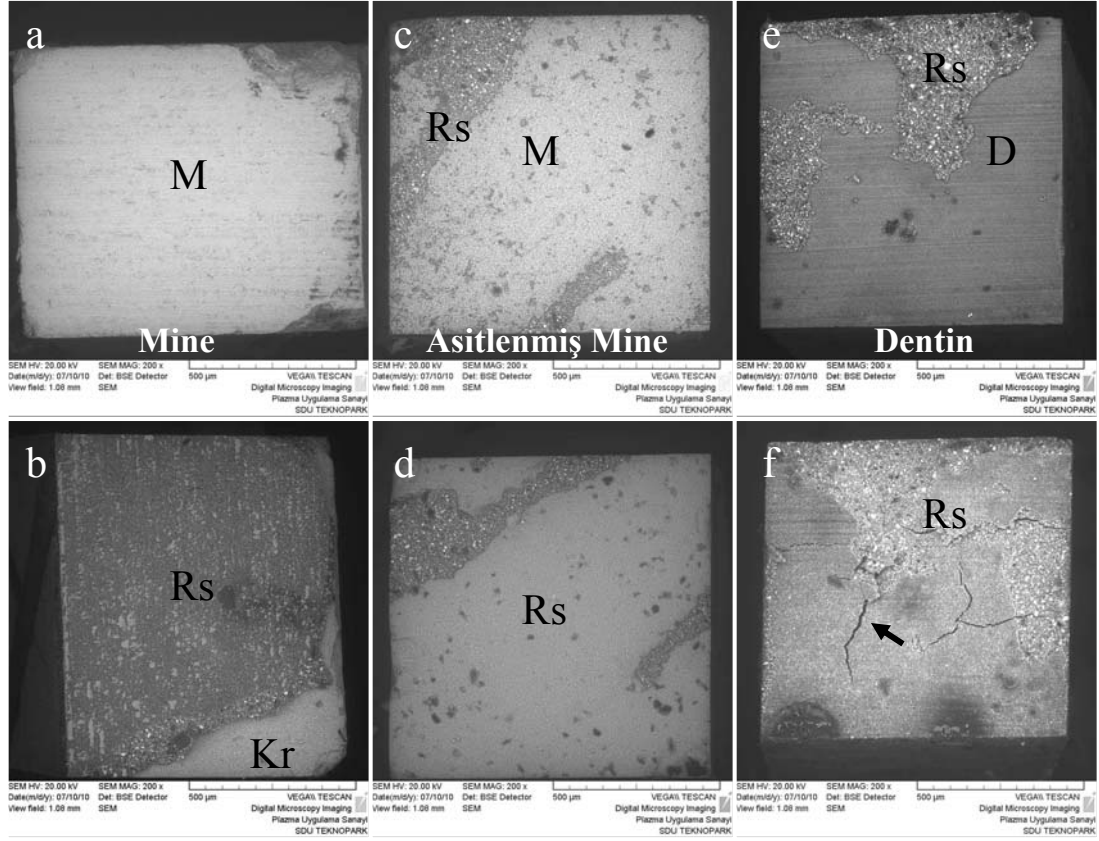


Şekil 6. Dentine ait kopma tiplerinin rezin simanlara göre yüzde dağılımları

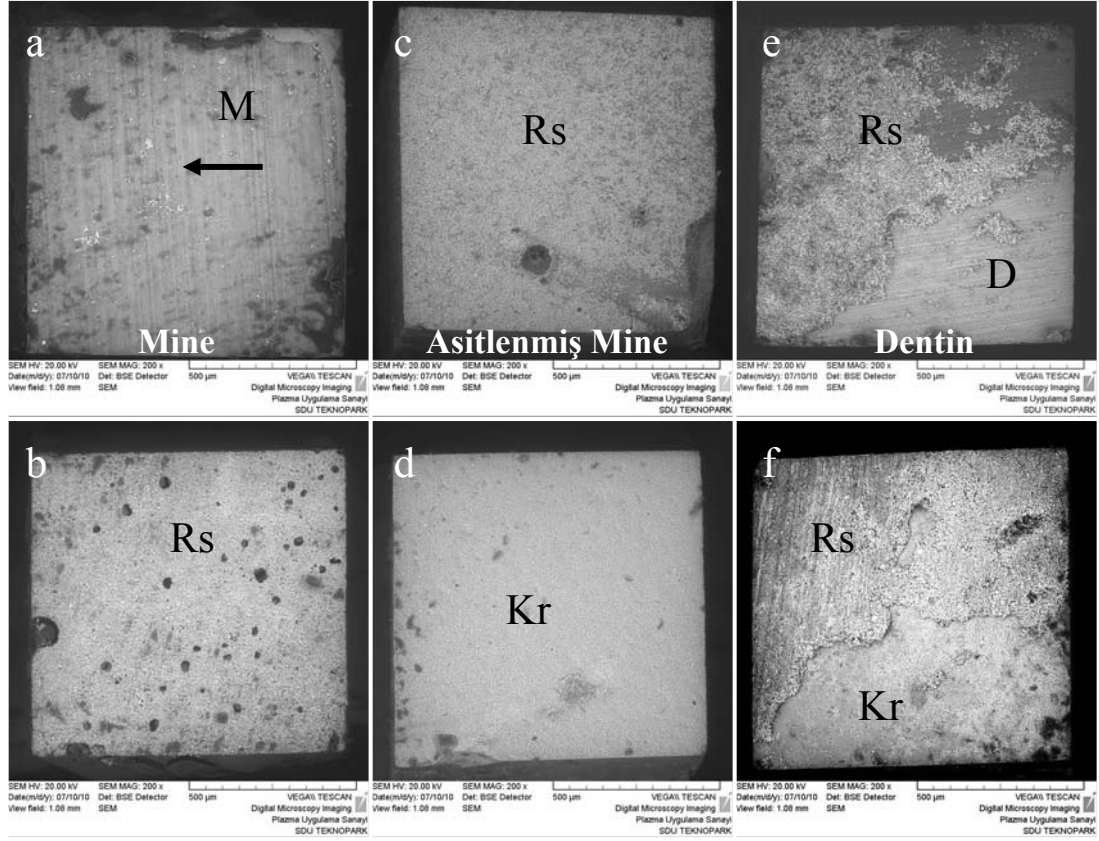
4.3. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Elde Edilen Bulgular

4.3.1. Kopma Tipleri

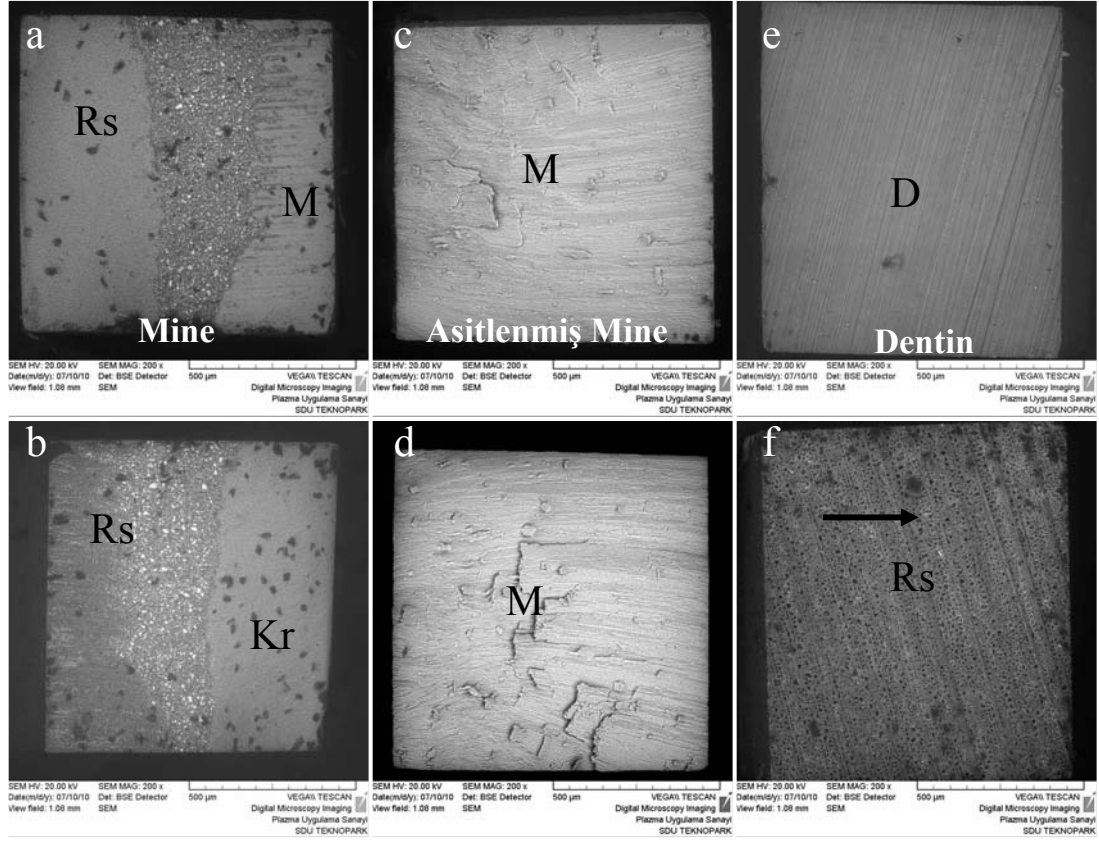
Mikrogerilme bağlanma dayanımı testinden sonra kopma tiplerinin elektron mikroskobik analizi için hazırlanan self-adeziv ve konvansiyonel rezin siman gruplarına ait örneklerden elde edilen bulgular Resim 10-15’de gösterilmiştir. Taramalı elektron mikroskop fotoğraflarında asitlenmemiş ve asitlenmiş mine yüzeyinde ve dentin yüzeyinde gözlenen farklı kopma tipleri tanımlandı.



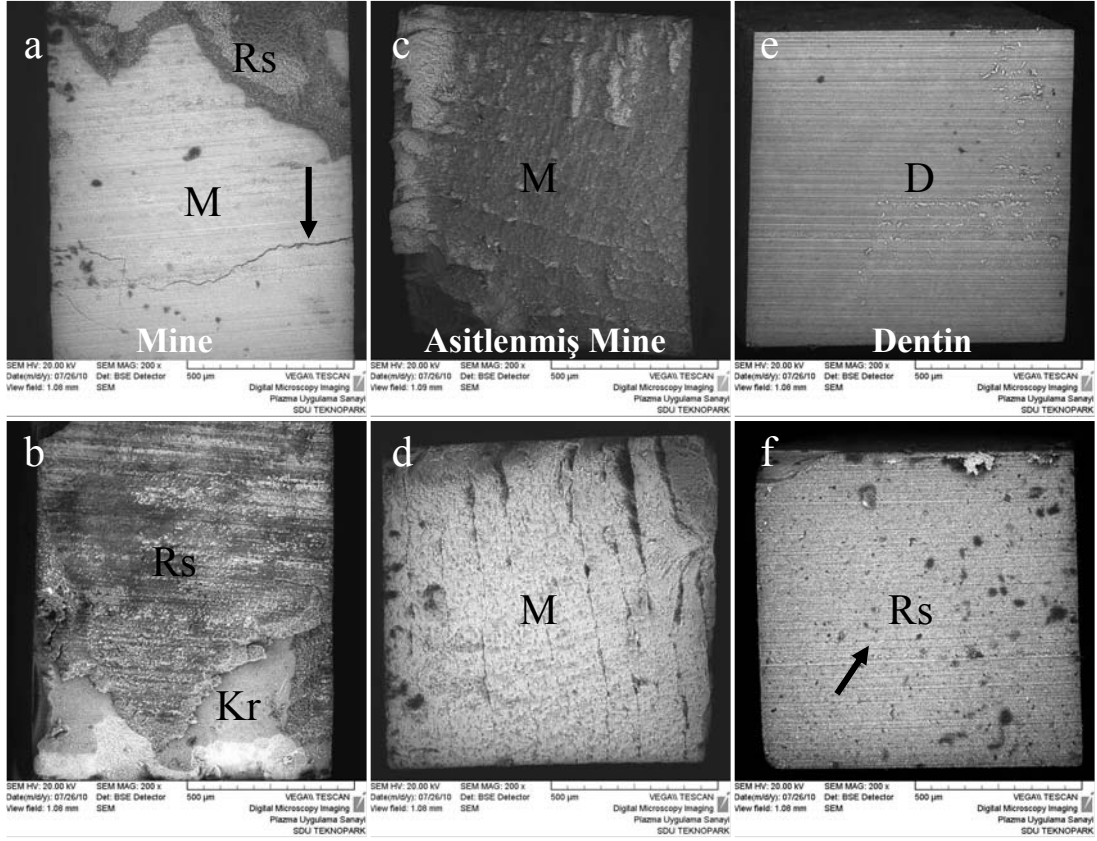
Resim 10. Clearfil SA'ya ait taramalı elektron mikroskop bulguları. **a)** Kırılma sonrası elde edilen örneğin mine tarafı. Başarısızlık tipinin mine-rezin siman arayüzünde adeziv tip olduğu saptandı. **b)** a'daki örneğin kompozit tarafı. Rezin simanın %75'ten fazla kısmının kompozit yüzeyinde kaldığı gözlemlendi. **c)** Kırılma sonrası elde edilen örneğin mine tarafı. Başarısızlık tipinin mine-rezin siman arayüzünde adeziv tip olduğu saptandı. **d)** c'deki örneğin kompozit tarafı. **e)** Kırılma sonrası elde edilen örneğin dentin tarafı. Başarısızlık tipinin dentin-rezin siman arayüzünde adeziv tip olduğu saptandı. Dentin yüzeyinde %25'ten az oranda rezin siman izlenmektedir. **f)** e'deki örneğin kompozit tarafı. Kompozit yüzeyinin rezin siman ile kaplı olduğu görülmektedir. Elektron mikroskopik inceleme sırasında rezin simanda meydana geldiği düşünülen çatlamlar ok ile işaretlenmiştir. M; Mine, Rs; Rezin siman, Kr; Kompozit rezin, D; Dentin.



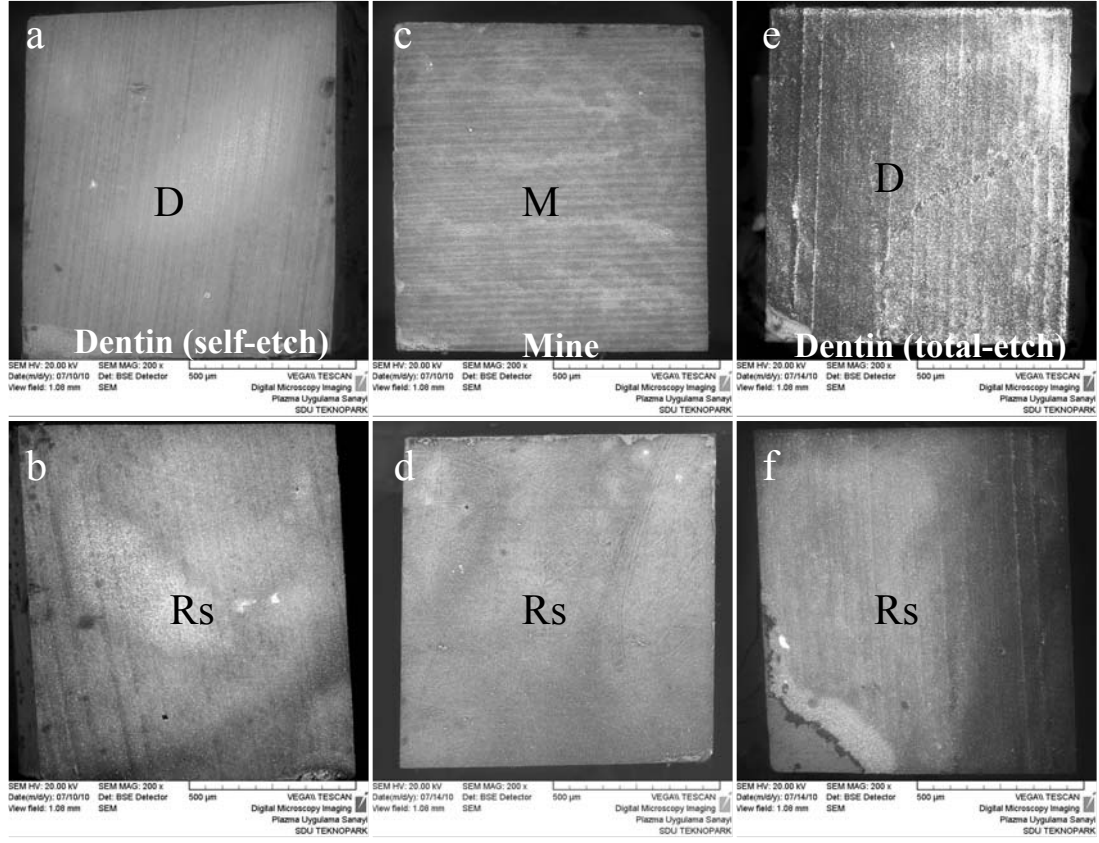
Resim 11. RelyX Unicem’e ait taramalı elektron mikroskop bulguları. **a)** Kırılma sonrası elde edilen örneğin mine tarafı. Başarısızlık tipinin mine-rezin siman arayüzünde adeziv tip olduğu saptandı. Smear tabakası oluşturmak için kullanılan zımparaya ait izlerin yüzeyde oluşturduğu paralel çizgiler ok ile işaretlenmiştir. **b)** a’daki örneğin kompozit tarafı. Resin siman ile kaplı kompozit yüzeyinde, simanın karıştırılması sırasında oluşan hava kabarcığı ok ile işaretlenmiştir. **c)** Kırılma sonrası elde edilen örneğin mine tarafı. Başarısızlık tipinin kompozit-rezin siman arayüzünde adeziv tip olduğu saptandı. **d)** c’deki örneğin kompozit tarafı. Kompozit yüzeyinde resin simana rastlanmadı. **e)** Kırılma sonrası elde edilen örneğin dentin tarafı. Başarısızlık tipinin karışık tip olduğu saptandı. Dentin-siman arasında ve siman-kompozit arasında <%75 oranında adeziv tip başarısızlıklar gözlemlendi. **f)** e’deki örneğin kompozit tarafı. M; Mine, Rs; Resin siman, Kr; Kompozit rezin, D; Dentin.



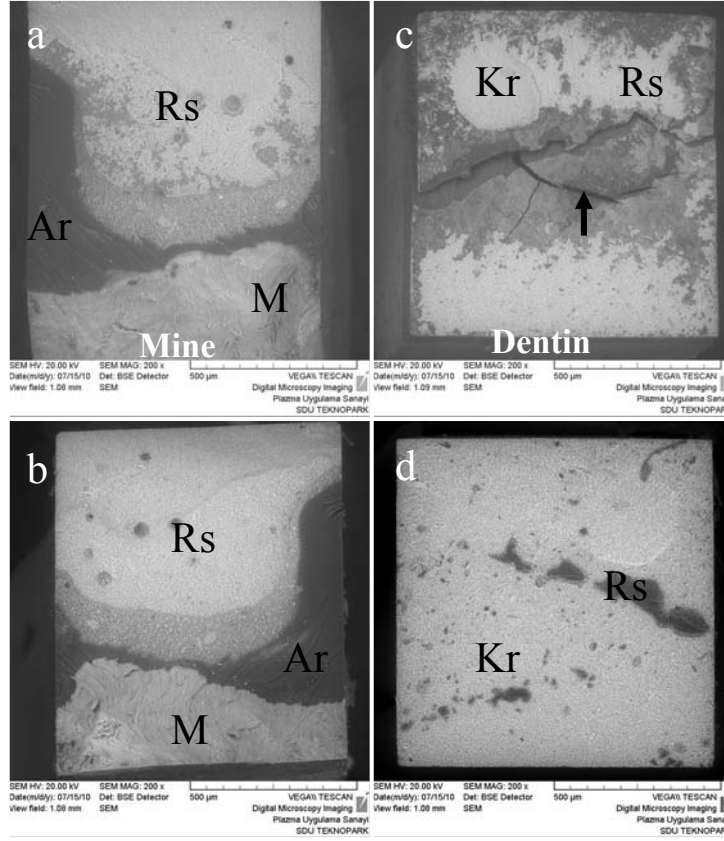
Resim 12. SmartCem 2'ye ait taramalı elektron mikroskop bulguları. **a)** Kırılma sonrası elde edilen örneğin mine tarafı. Başarısızlık tipinin karışık tip olduğu saptandı. Mine yüzeyinin bir kısmının resin siman ile kaplı olduğu, resin simanın bir bölümünün kendi içinde koptuğu ve bir bölümünün de mineden tamamen ayrıldığı gözlemlendi. **b)** a'daki örneğin kompozit tarafı. **c)** Kırılma sonrası elde edilen örneğin mine tarafı. Başarısızlık tipinin minede koheziv tip olduğu saptandı. **d)** c'deki örneğin kompozit tarafı. Kompozit yüzeyinin kendi içinde kopan mine ile kaplı olduğu izlendi. **e)** Kırılma sonrası elde edilen örneğin dentin tarafı. Başarısızlık tipinin dentin-rezin siman arayüzünde adeziv tip olduğu saptandı. Resin simanın tamamının kompozit yüzeyinde kaldığı görüldü. **f)** e'deki örneğin kompozit tarafı. Resin siman yüzeyinde, simanın karıştırılması sırasında oluşan hava kabarcıkları ok ile gösterilmiştir. M; Mine, Rs; Resin siman, Kr; Kompozit resin, D; Dentin.



Resim 13. G-Cem'e ait taramalı elektron mikroskop bulguları. **a)** Kırılma sonrası elde edilen örneğin mine tarafı. Başarısızlık tipinin mine-rezin siman arayüzünde adeziv tip olduğu saptandı. Elektron mikroskobik inceleme sırasında minede olduğu düşünülen çatlamlar ok ile işaretlenmiştir. **b)** a'daki örneğin kompozit tarafı. **c)** Kırılma sonrası elde edilen örneğin mine tarafı. Başarısızlık tipinin minede koheziv tip olduğu saptandı. **d)** c'deki örneğin kompozit tarafı. **e)** Kırılma sonrası elde edilen örneğin dentin tarafı. Başarısızlık tipinin dentin-rezin siman arayüzünde adeziv tip olduğu saptandı. Smear tabakası oluşturmak için kullanılan zımparaya ait izlerin yüzeyde oluşturduğu paralel çizgiler ok ile işaretlenmiştir. **f)** e'deki örneğin kompozit tarafı. Dentin yüzeyinde oluşan zımpara izlerinin resin siman yüzeyindeki yansıması ok ile işaretlenmiştir. M; Mine, Rs; Resin siman, Kr; Kompozit rezin, D; Dentin.



Resim 14. *Self-etch* ve *total-etch* adeziv sistemle kullanılan Variolink II'e ait taramalı elektron mikroskop bulguları. **a)** Kırılma sonrası elde edilen örneğin dentin tarafı. Başarısızlık tipinin dentin-rezin siman arayüzünde adeziv tip olduğu saptandı. **b)** a'daki örneğin kompozit tarafı. Kompozit yüzeyinin rezin simanla kaplı olduğu saptandı. Rs; Resin siman, Kr; Kompozit rezin, D; Dentin. **c)** Kırılma sonrası elde edilen örneğin mine tarafı. Başarısızlık tipinin mine-rezin siman arayüzünde adeziv tip olduğu saptandı. **d)** c'deki örneğin kompozit tarafı. **e)** Kırılma sonrası elde edilen örneğin dentin tarafı. Başarısızlık tipinin dentin-rezin siman arayüzünde adeziv tip olduğu saptandı. **f)** e'deki örneğin kompozit tarafı. Resin siman ile kaplı kompozit yüzeyi gözlendi. M; Mine, Rs; Resin siman, Kr; Kompozit rezin, D; Dentin.



Resim 15. RelyX ARC'ye ait taramalı elektron mikroskop bulguları. **a)** Kırılma sonrası elde edilen örneğin mine tarafı. Başarısızlık tipinin karışık tip olduğu saptandı. Yüzeyde, kendi içinde kırılan mine, rezin siman ve simandan önce uygulanan adeziv rezin gözlendi. **b)** a'daki örneğin kompozit tarafı. **c)** Kırılma sonrası elde edilen örneğin dentin tarafı. Başarısızlık tipinin kompozit-rezin-siman arayüzünde adeziv tip olduğu saptandı. Yüzeyde, >75 oranında rezin siman ve <25 oranında kompozit rezin olduğu görüntülendi. Konvansiyonel rezin siman içinde oluşan çatlak ok ile işaretlenmiştir. **d)** c'deki örneğin kompozit tarafı. Resin simanın tamamının kompozit yüzeyi gözlendi. M=Mine, Rs=Rezin siman, Kr=Kompozit rezin, D; Dentin, Ar=Adeziv rezin.

4.3.2. Arayüz Morfolojisi

Çalışmada test edilen rezin simanların asitlenmemiş mineye ve asitlenmiş mineye bağlandığı ara yüzeyde oluşan morfolojiye ait taramalı elektron mikroskop

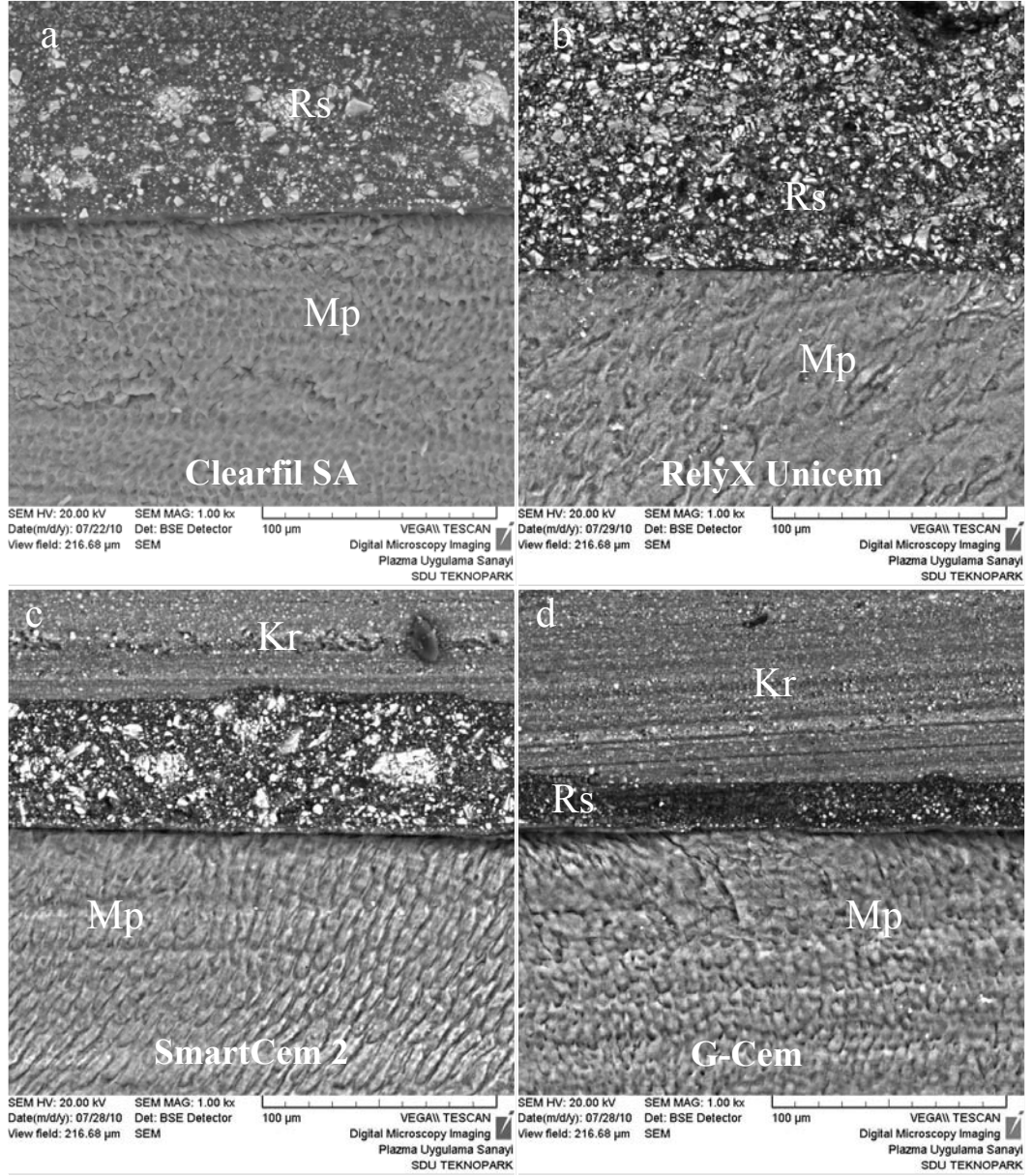
bulguları sırasıyla Resim 16, Resim 17 ve Resim 18’da gösterilmiştir. Farklı rezin simanların, preparasyon yapılan ve preparasyon yapılmayarak smear tabakası oluşturulmayan dentin yüzeyleri ile olan etkileşimlerine ait elektron mikroskopik bulguları da Resim 19, Resim 20 ve Resim 21’de gösterilmiştir.

Self-adeziv rezin siman ile mine arayüzünden alınan elektron mikroskop görüntülerinde, self-adeziv rezin simanların mine yüzeyinde sınırlı bir demineralizasyon gerçekleştirdiği ve buna bağlı olarak mine dokusu ile etkileşimlerinin az olduğu tespit edildi (Resim 16). Konvansiyonel rezin simanlarla karşılaştırıldığında, *total-etch* adezivlerle birlikte kullanılan rezin simanların (Variolink II ve RelyX-ARC), self-adeziv rezin simanlardan daha fazla demineralizasyon gerçekleştirdiği ve bağlanma yüzeyiyle etkileşimlerinin daha iyi olduğu gözlemlendi (Resim 17 ve 18).

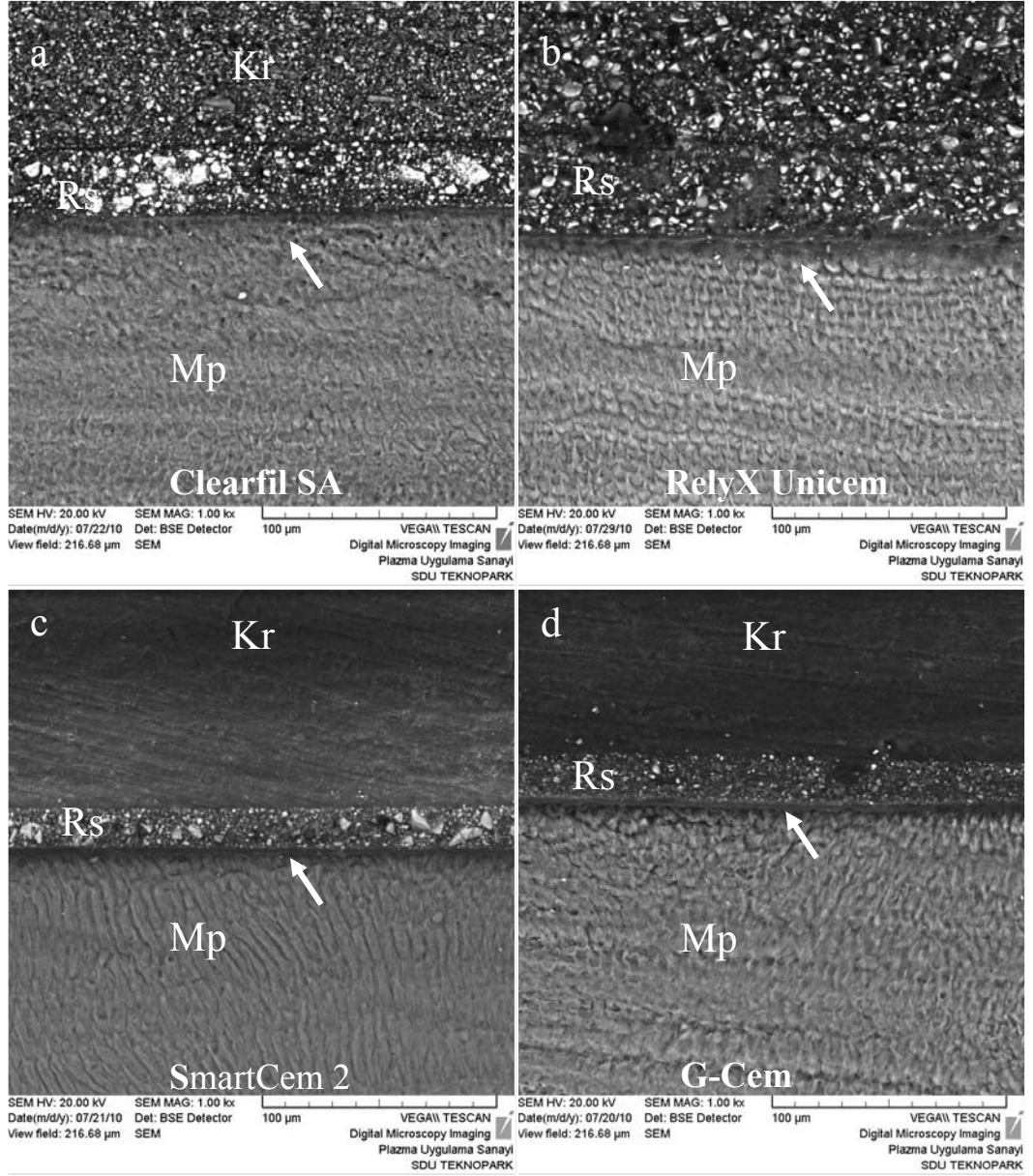
Minenin %35’lik fosforik asit ile asitlenmesinden sonra uygulanan self-adeziv rezin simanların oluşturdukları demineralizasyon ise minenin asitlenmediği yüzeylerde elde edilen demineralizasyondan daha fazlaydı (Resim 17, Resim18). *Total-etch* adeziv sistemle birlikte kullanılan konvansiyonel rezin siman gruplarının (Variolink II ve RelyX-ARC) mine yüzeyinde oluşturduğu demineralizasyona bağlı olarak ara yüzeyde kolaylıkla izlenebilen demineralizasyon hattının, minenin asitlenmesinden sonra uygulanan self-adeziv rezin simanların arayüz morfolojisine ait elektron mikroskop görüntülerinde de olduğu saptandı (Resim 17, Resim18).

Self-adeziv rezin simanların dentin ile bağlanma arayüzü incelendiğinde, çok ince bir hibrit tabakası görüntüsü izlendi ve dentin tübüllerine penetre olmuş rezin tag oluşumuna rastlanmadı (Resim 19). *Total-etch* adeziv sistemle birlikte kullanılan konvansiyonel rezin siman olan RelyX ARC’de ise elektron mikroskop fotoğraflarında rahatlıkla fark edilebilen homojen ve devamlı bir hibrit tabakası ve çok sayıda rezin tag oluşumu gözlemlendi (Resim 21).

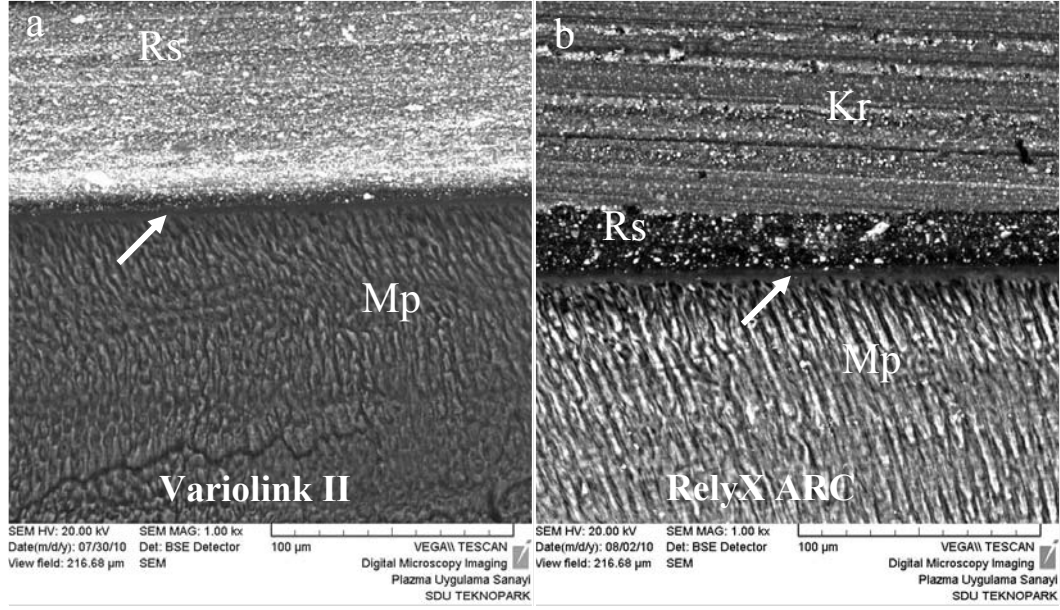
Self-adeziv rezin simanların, preparasyonun yapılmadığı kırılmış dentin yüzeylerindeki arayüz morfolojisine ait bulguları, prepare edilen dentinde elde edilen arayüz morfolojisine ait bulgulardan farklılık gösterdi. Kırılmış dentin ile rezin siman arayüz incelemelerinde, self-adeziv rezin simanların dentin kanallarına iyi bir şekilde penetre olabildiği ve konvansiyonel rezin simanların oluşturduğuna benzer bir şekilde düzenli ve uzun rezin taglar oluşturabildikleri gözlemlendi (Resim 20).



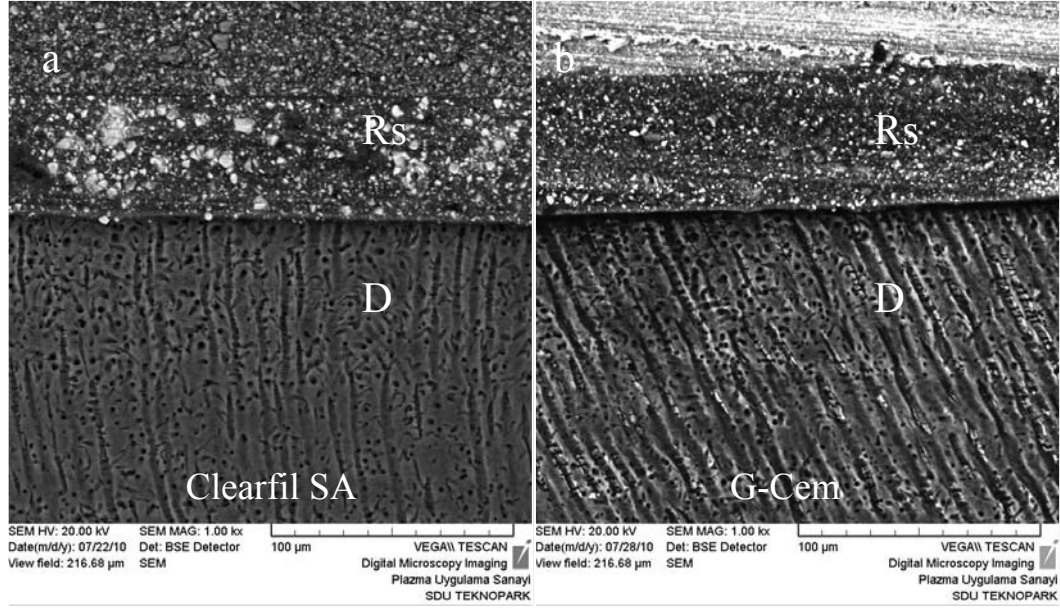
Resim 16a, 16b, 16c, 16d. Rezin siman ile asitlenmemiş mine ara yüzeyine ait taramalı elektron mikroskop bulguları. Self-adeziv rezin simanların tümünde (Clearfil SA, RelyX Unicem, SmartCem 2, G-Cem), siman ile mine arasındaki etkileşimin az olduğu gözlemlendi. Mp; Mine prizmaları, Rs; Rezin siman, Kr; Kompozit rezin.



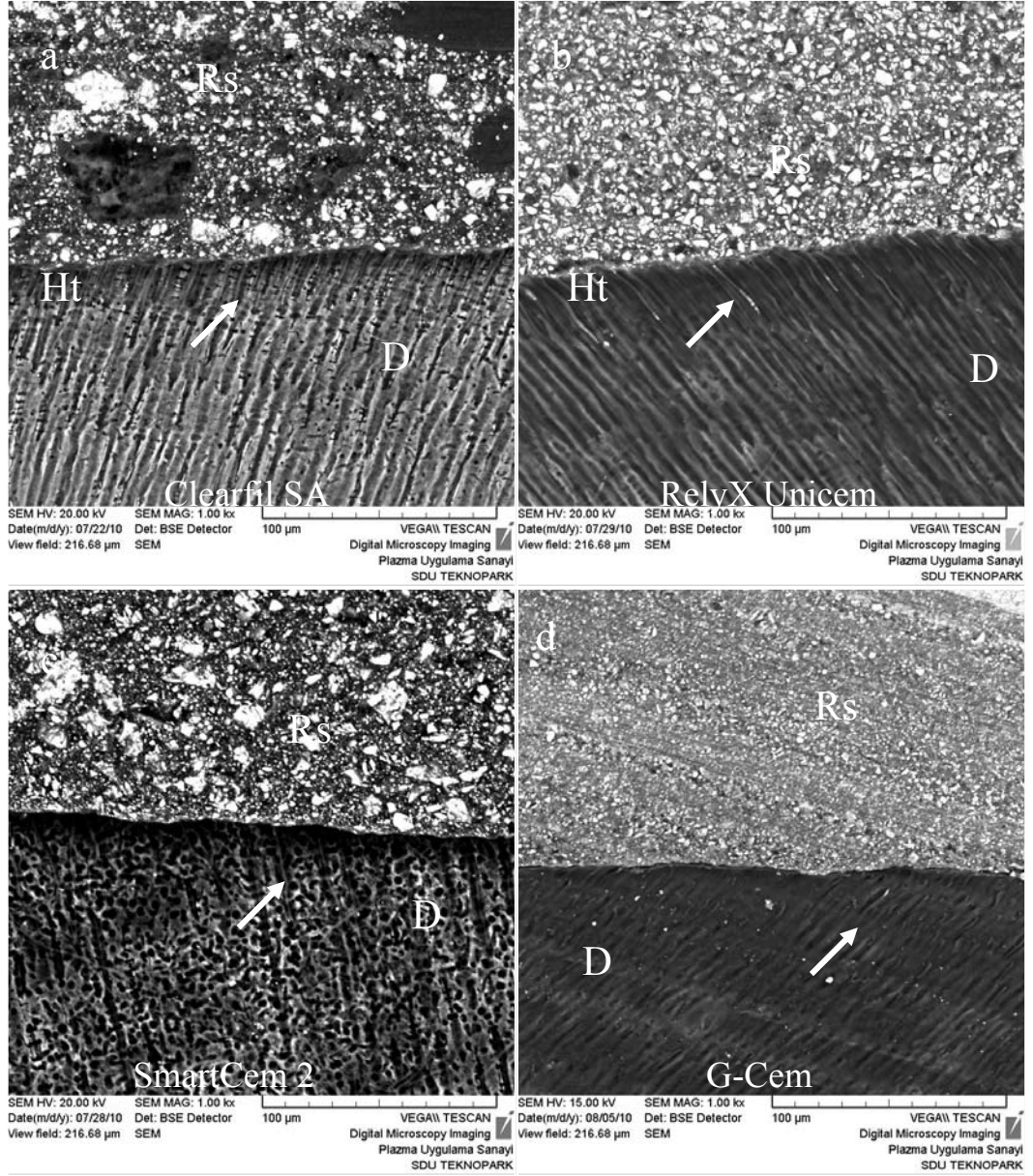
Resim 17a, 17b, 17c, 17d. Rezin siman ile asitlenmiş mine ara yüzeyine ait taramalı elektron mikroskop bulguları. Self-adeziv rezin simanların (Clearfil SA, RelyX Unicem, SmartCem 2, G-Cem) fosforik asit uygulamasından sonra mine ile etkileşimlerinin arttığı gözlemlendi. Fotoğraflarda ok ile işaretli alanlar, demineralizasyon hattını göstermektedir. Mp; Mine prizmaları, Rs; Rezin siman, Kr; Kompozit rezin.



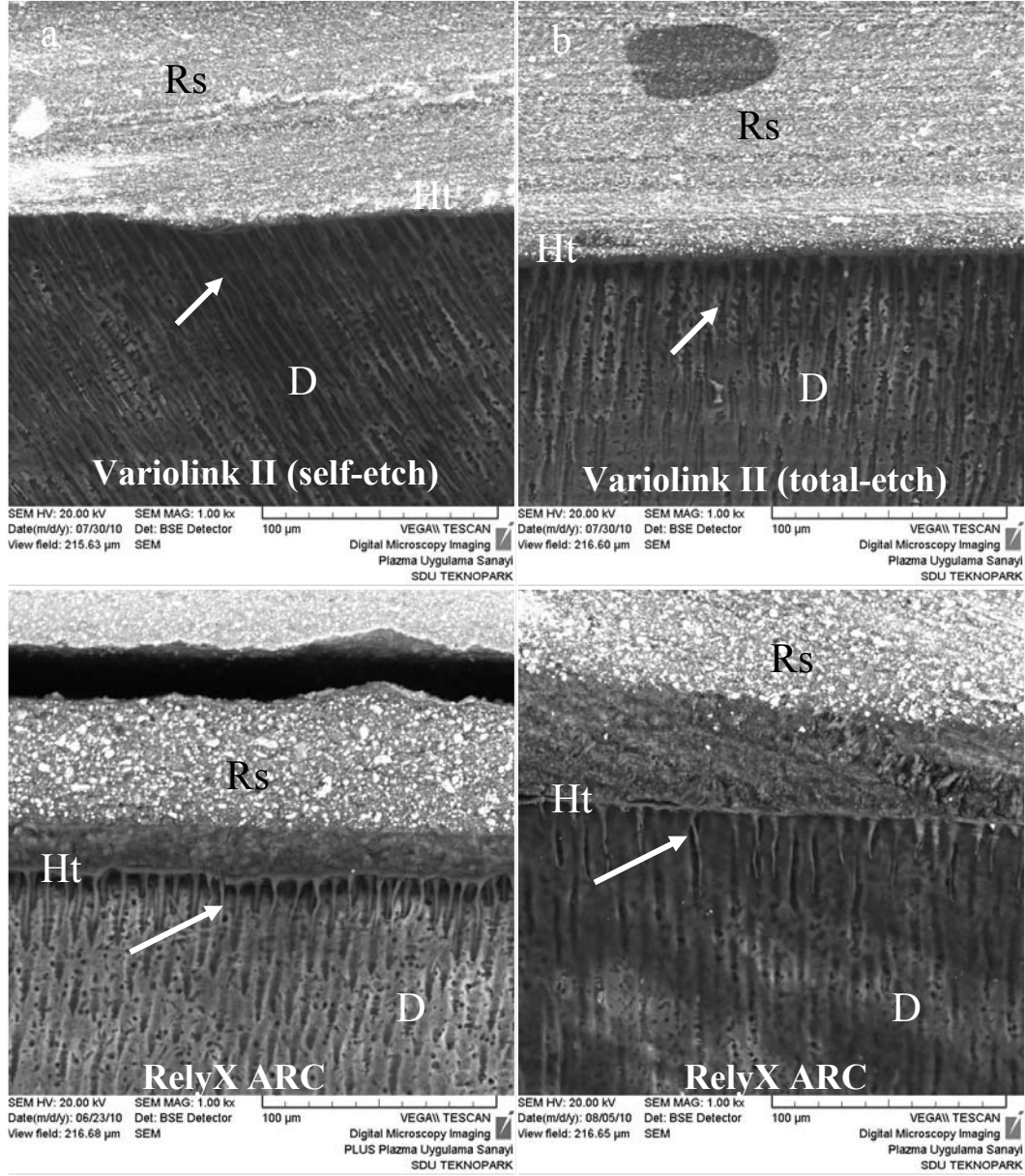
Resim 18a, 18b. Rezin siman ile mine ara yüzeyine ait taramalı elektron mikroskop bulguları. Variolink II'ye ait fotoğrafta, self-adeziv rezin simanlarda rastlanmayan ve ince bir hat şeklinde gözlenen demineralizasyon sahası ok ile işaretlenmiştir (a). Rezin simanlar arasında mine ile etkileşimin en fazla olduğu rezin simanın, diğer bir konvansiyonel rezin siman olan RelyX ARC'ye ait olduğu saptandı (b). Mp; Mine prizmaları, Rs; Rezin siman, Kr; Kompozit rezin.



Resim 19a, 19b. Rezin siman ile dentin ara yüzeyine ait taramalı elektron mikroskop bulguları. Clearfil SA ve G-Cem ile elde edilen fotoğraflarda, zor fark edilen bir hibrit tabakası gözlenirken, resin tag oluşumuna rastlanmadı. Diğer self-adeziv resin simanlar RelyX Unicem ve SmartCem 2 ile hazırlanan örneklerin, SEM analizi sırasında siman-dentin arayüzünden ayrıldığı tespit edildiği için incelenemedi.



Resim 20a, 20b. Resin siman ile kırılmış dentin ara yüzeyine ait taramalı elektron mikroskop bulguları. Self-adeziv resin simanların tümünde, ince bir hibrit tabakası gözlenmekle beraber, Resim 19'daki görüntülerin aksine resin tag varlığı saptandı.



Resim 21a, 21b, 21c, 21d. Rezin siman ile dentin ve kırılmış dentin ara yüzeyine ait taramalı elektron mikroskop bulguları. Variolink II ile hazırlanan tüm dentin örneklerinin, SEM analizi sırasında siman-dentin arayüzünden ayrıldığı tespit edildiği için incelenemedi. Kırılmış dentin yüzeyine uygulanan Variolink II ile alınan arayüz fotoğraflarında ise ince bir hibrit tabakası bulunmasına rağmen, çok sayıda, düzenli ve uzun rezin taglara rastlanıldı (a, b). Konvansiyonel bir rezin siman olan RelyX ARC ile elde edilen fotoğraflarda kalın bir hibrit tabakası ve çok sayıda rezin tag oluşumu tespit edildi (c, d).

5. TARTIŞMA

Günümüzde estetik ihtiyaçların artması ve adeziv teknolojisindeki son gelişmeler, hekimleri ön ve arka dişlerdeki madde kayıplarını gidermek ve aynı zamanda estetiği sağlamak için kompozit veya seramik laminate vener, inley ve onley restorasyonları uygulamaya yönlendirmiştir. Bu tür indirekt restorasyonların simantasyonu sırasında seçilecek olan yapıştırma simanının mekanik özelliklerinin iyi olması restorasyonun ömrünü uzatırken, renginin diş rengine ve restorasyon rengine yakın olması restorasyon altından farklı renk yansımalarını önleyerek estetiği olumlu yönde geliştirecektir. Mekanik ve estetik özelliklerinin diğer yapıştırma simanlarına göre daha iyi olması rezin simanların kullanımını artırmaktadır (Tyas et al., 2004, Nakazava et al., 2009).

Ancak konvansiyonel rezin simanlar bir adeziv sistemle birlikte kullanılır ve simantasyon öncesi diş yüzeyine teknik hassasiyet gerektiren bir dizi uygulamayı gerektirirler. Bu dezavantajların ortadan kaldırılması amacıyla tek adımda kullanılabilen self-adeziv rezin simanlar geliştirilmiştir.

Kullanıma yeni giren bu rezin simanların kısa sürede değerlendirilerek hekimlere bilgi verilmesi önemlidir. Bu nedenle bir materyalin uzun dönemli klinik sonuçları o materyali değerlendirmede altın standart kabul edilse de laboratuvar çalışmaları, materyalin mine ve dentine bağlanma etkinlikleri hakkında kısa sürede sonuçlar vererek klinik çalışmalara ve hekimlere ışık tutan testler olmaktadır. Bu nedenle laboratuvar testleri, kullanıma yeni giren self-adeziv rezin simanların klinik davranışlarını incelemeye oldukça önemlidir.

Çalışmamızda, yeni geliştirilen self-adeziv rezin simanların mine ve dentindeki bağlanma etkinlikleri ve mekanizmaları değerlendirildi. Değerlendirme self-adeziv rezin simanların ve kontrol grubu olarak seçilen konvansiyonel rezin simanların mikrogerilme bağlanma dayanımlarının test edilmesi ve rezin simanlar ile mine ve dentin arasındaki bağlanma yüzeylerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesiyle yapıldı.

5.1. Mikrogerilme Bağlanma Dayanımı Testinin Değerlendirilmesi

Kompozit veya seramik materyallerinin bağlanma dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılan test yöntemlerinden, en çok tercih edilenleri makaslama ve gerilme bağlanma dayanımı testleridir (Chadwick et al., 1998, Van Meerbeek et al., 2003, Filho et al., 2004).

Bazı araştırmacılar, makaslama bağlanma dayanımının ölçülmesi sırasında, materyale yansıyan kuvvetlerin olabileceğini ve bunların materyalde kırıklar meydana getirerek en çok gözlenen başarısızlık tipinin materyalin kendi içinde koheziv olacağını belirtmektedir (Chadwick et al., 1998, Van Meerbeek et al., 2003). Sano (2006) ise mikrogerilme bağlanma dayanımı testinde uygulanan kuvvetin, diş ile adeziv rezinin bağlanma ara yüzeyine uygulandığını rapor etmişlerdir. Bunun yanında adezyon çalışmalarında, gerilme bağlanma dayanımı değerleri makaslama bağlanma dayanımı değerlerinden daha yüksek bulunmuş ve başarısızlık tipinin daha çok adeziv tip başarısızlık olduğu bildirilmiştir (Van Meerbeek et al., 2003). Mikrogerilme bağlanma dayanımı testiyle ilgili bir başka avantajın da, bir diştten elde edilen örnek sayısının fazla olması ile, o materyale ait verilerin sayısının artarak elde edilen sonuçların daha güvenilir olacağını düşünülmesidir (Armstrong et al., 2010).

Bu çalışmada rezin simanların mine ve dentindeki bağlanma etkinliklerini değerlendirmek için, anabilim dalımıza ait laboratuvarlarda gerçekleştirilen bir önceki doktora tez çalışmasına ait test metodolojisi kullanılarak, mikrogerilme bağlanma dayanımı testinin yapılması tercih edilmiştir.

Mikrogerilme bağlanma dayanımı testinin birçok avantajı bulunmasına rağmen bazı dezavantajlarının da olduğu bildirilmiştir. Test için teknik donanım gerektirmesi, örnek hazırlama aşamasının zor olması ve hassasiyet gerektirmesi bunlardan bazılarıdır (Van Meerbeek et al., 2003, Armstrong et al., 2010). Yine, bağlanma dayanımı testinde elde edilen verilerin, testin uygulandığı laboratuvarlara göre farklılık gösterebileceği ve bu farklılıkların örnek geometrisi, bağlanma yüzey alanının büyüklüğü, kullanılan kompozit rezin gibi birçok değişkene bağlı olabileceği bildirilmektedir (Van Meerbeek et al., 2003). Bu sebeple örnek hazırlama sırasında birçok değişkene bağlı olan test metodunun standart hale getirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Van Meerbeek et al., 2003, Armstrong et al., 2010).

Çalışmamızda elde edilen sonuçların güvenilir ve literatürdeki diğer araştırmaların sonuçları ile karşılaştırılabilir olması için operatöre bağlı hataların elimine edilmesi amacıyla bir ön çalışma gerçekleştirildi ve tüm deneyler tek bir operatör tarafından yapıldı. Test sonuçlarını etkileyebilecek olan diğer faktörleri minimuma indirmek için; kullanılan dişlerin tümünün gömülü ve çürüksüz dişlerden seçilmiş olmasına ve en fazla üç ay içinde kullanılmasına, smear tabakası oluşturulması sırasında preparasyon süresinin standart tutulmasına, açığa çıkarılan dentin yüzeylerinin tüm dişlerin orta üçlüsünden elde edilmesine özen gösterildi. Ayrıca hazırlanan örneklerin boyutlarının ve bağlanma yüzey alanlarının birbirine benzer olması sağlandı ($0.95 \pm 0.05 \text{ mm}^2$, Tablo 3).

Kompozit blokların indirekt yöntemle hazırlanması sırasında, tek bir kompozit rezin materyal (Filtek Z250, A3) kullanıldı. Kompozit rezinlerin ışıkla polimerizasyonundan sonra en üst tabakanın oksijenle reaksiyonunun, reaksiyona katılmamış monomerlerin varlığı ile sonuçlandığı bilinmektedir (Endo et al., 2007). Reaksiyona girmeden kalan bu monomerlerin, simantasyon sırasında rezin simanla gerçekleşen kimyasal bağlantıyı geliştireceği düşünülmektedir (Mota et al., 2003). Çalışmamızda, rezin siman ile kompozit arayüzünde kimyasal bağlanma açısından standart bir kompozit yüzeyi elde etmek için polimerizasyon sırasında oksijenle temas eden materyalin en üst yüzeyi cam ile örtüldü (Endo et al., 2007). Kompozit rezin blokların görünür ışıkla polimerizasyonu tamamlandıktan sonra, klinik uygulamaya benzer şekilde ve üretici firmaların önerilerine uyularak, bir ısı ve ışık fırınında standart süre ile ek polimerizasyonu sağlandı.

İndirekt restorasyonun uygulanmasından önce ise, üretici firmalar tarafından önerilen, diş yüzeyi ile bağlanmayı artırmak için restorasyonun iç yüzeyinde gerçekleştirilen kumlama işleminin standart bir şekilde yapılmasına özen gösterildi. Kumlama, partikül büyüklüğü 50 μm olan alüminyum oksit tozu ile 10 mm mesafeden 10 sn süreyle ve 2 atm hava basıncı ile gerçekleştirildi.

Çalışmada test edilen tüm rezin simanlar hem ışık ile hem de kimyasal olarak sertleşen simanlardan seçilerek polimerizasyon tiplerinin aynı olması sağlandı. ayrıca, rezin simanın bağlanma dayanımı değerlerini değiştirebileceği düşünülen bir başka faktörün de, simantasyon sırasında restorasyona uygulanan kuvvet olduğu rapor edilmiştir (Goracci et al., 2006). Çalışmamızda, tüm gruplarda simantasyon

sırasında uygulanan kuvvetin aynı olabilmesi için polimerizasyon, 1 kg'lık bir ağırlık altında gerçekleştirildi.

5.2. Test Öncesi Başarısızlığın Değerlendirilmesi

Mikrogerilme bağlanma dayanımı testinin dezavantajlarından birisinin de, örneklerin preparasyonu sırasında oluşabilecek mikrokırıklar olduğu bildirilmektedir. Bu mikrokırıklar, bağlanmayı zayıflatarak örneklerin teste tabi tutulmadan önce kırılmasına yol açabilmektedir (Chadwick et al., 1998, Van Meerbeek et al., 2005, Armstrong et al., 2010). Çalışmamızda, mikrogerilme bağlanma dayanımı testi için örnek hazırlanırken, örneklere gelebilecek hasarları azaltmak ve buna bağlı olarak test öncesi başarısız olan örneklerin sayısını minimuma indirmek için ön çalışma yapılmış ve tüm deneyler tek bir operatör tarafından gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamızda karşılaşılan test öncesi başarısızlık gösteren örneklerin tümü hassas kesme cihazında elmas kesme diski ile 8-9 mm uzunluğundaki ve yaklaşık 1 mm² yüzey alanındaki örneklerin hazırlanması sırasında meydana geldi. Tablo 3'de gösterilen her rezin simana ait başarısız olan örneklerin sayısı, rezin simanların bağlanma dayanımını değerlendiren diğer çalışmalar ile uyumlu bulunmuştur (Guzman-Ruiz et al., 2001 , Furukawa et al., 2002, De Munck et al., 2004, Hikita et al., 2007, Duarte et al., 2008, Hiraishi et al., 2009). Çalışmamızda, test öncesi başarısız olan örneklerin mikrogerilme bağlanma değerleri, bazı çalışmalarda belirtildiği gibi, 0 MPa olarak değerlendirmeye alındı (Erhardt et al., 2008, El-Guindy et al., 2010, Fiori-Junior et al., 2010, Melo et al., 2010).

Bu çalışmada en fazla sayıda test öncesi başarısızlığı, bir konvansiyonel rezin siman olan Variolink II ile dentinde hazırlanan örnekler gösterdi. Dentinde *self-etch* adeziv sistem ile hazırlanan örneklerin %73'ü ve *total-etch* adeziv sistem ile hazırlananların yaklaşık yarısı (%47) teste tabi tutulmadan önce kırıldı (Tablo 3). Bulgularımız, Hikita ve arkadaşlarının (2007), rezin simanların mine ve dentindeki bağlanma etkinliklerini değerlendirdikleri ve dentinde *self-etch* adezivle birlikte kullanılan Variolink II'ye ait 12 örnekten 10 tanesinin testten önce kırıldığını rapor ettikleri çalışması ile benzer bulunmuştur.

Çalışmamızda bir adeziv sistem aracılığıyla diş yüzeylerine uygulanan iki rezin simandan RelyX ARC ile Variolink II'nin, restorasyonların simantasyonu sırasındaki uygulamaları birbiri ile farklılık göstermektedir. Variolink II ile kullanılan bonding ajanın polimerizasyonunun, RelyX ARC'de olduğu gibi rezin simanın uygulanmasından önce değil, simantasyon sırasında indirekt restorasyonla beraber yapılması tavsiye edilmektedir. Üretici firmanın bu önerisi, adezivin önceden polimerize edilmesinin rezin siman kalınlığını artırarak daha ince bir indirekt restorasyonun yapılması zorunluluğunu ortadan kaldırmak için olabilir (Frankerberger et al., 1999, Hikita et al., 2007).

Bununla beraber, rezin siman ile birlikte kullanılan adezivin polimerizasyonunun, simanın uygulanmasından önce tamamlanmasının, mine ve dentindeki bağlanma dayanımını artırdığını bildiren araştırmalar mevcuttur (Frankerberger et al., 1999, Behr et al., 2004). Variolink II ile test öncesi başarısızlığa uğrayan örnek sayısının fazla olması, simanın uygulanmasından önce adezivin polimerize edilmemesi sonucu materyalin dentindeki bağlanma dayanımının düşmesi ile meydana gelmiş olabilir (Hikita et al., 2007). Bu konu, materyalin bağlanma etkinliğinin tartışıldığı bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

5.3. Self-Adeziv Resin Simanların Minedeki Bağlanma Etkinliğinin Değerlendirilmesi

Self-adeziv resin simanların geliştirilmesi ile, konvansiyonel resin simanlardaki uygulama basamaklarının sayısını düşürmek ve teknik hassasiyeti azaltmak amaçlanmıştır. Aynı zamanda bu simanlar ile, konvansiyonel resin simanların gösterdiği performansa yakın sonuçlar elde edilmesi de istenmektedir (Lührs et al., 2009).

Çalışmamızda test edilen self-adeziv resin simanların minedeki bağlanma dayanımı değerleri 14-19 MPa olarak saptandı. Literatürde, self-adeziv resin simanların minedeki makaslama ve gerilme bağlanma dayanımlarını değerlendiren çalışmalardan elde edilen sonuçlar ise 6-20 MPa arasında değişmektedir (De Munck et al., 2004, Abo-Hamar et al 2005, Goracci et al.,2006, Hikita et al., 2007, Duarte et

al.,2008, Lührs et al., 2009, Lin et al.,2010). Çalışmamızda elde edilen bulgular, rezin simanlarla yapılan diğer araştırmalarda rapor edilen değerler arasında yer almaktadır.

Literatürde, self-adeziv rezin simanların minedeki etkinliklerini değerlendiren çok fazla çalışma bulunmamasına rağmen rapor edilen sonuçlar birbirinden farklılık göstermektedir. Minedeki bağlanma dayanımının test edildiği iki ayrı çalışmada, Rely-X Unicem'in karşılaştırıldığı diğer self-adeziv rezin simanlardan (Maxcem ve iCem) istatistiksel olarak daha yüksek sonuçlar gösterdiği rapor edilmiştir (Goracci et al., 2006, Lührs et al., 2009). Çalışmamızda, self-adeziv rezin simanlar arasında minedeki en yüksek bağlanma dayanımı değerini Rely-X Unicem göstermesine rağmen (19 MPa), diğer self-adeziv rezin simanlarla arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı. Çalışmamızda kullanılan iki self-adeziv rezin simanın (Rely-X Unicem ve Clearfil SA) test edildiği bir başka çalışmada ise, diğer self-adeziv rezin simanlar arasında Rely-X Unicem en düşük bağlanma dayanımı değerini (6 MPa) gösterirken, Clearfil SA en yüksek bağlanma dayanımı değerini (10 MPa) göstermiştir (Lin et al., 2010). Sözü edilen çalışmadaki rezin simanlar Rely-X Unicem ve Clearfil SA'nın minedeki bağlanma etkinliğine ait değerler, çalışmamızda elde edilen değerlerden daha düşüktür.

Piyasaya ilk sürülen self-adeziv rezin siman olması nedeniyle, gerek üretici firmanın açıklamaları gerekse de yapılan bağımsız araştırmalar ile hakkında elde edilen bilgilerin en fazla olduğu self-adeziv simanın Rely-X Unicem olduğu gözlenmektedir (Radovic et al., 2008). RelyX Unicem dışındaki diğer self-adeziv simanların yapısal özellikleri ile ilgili sınırlı literatür bulunmasına rağmen, bütün self-adeziv rezin simanların adezyon mekanizmalarının temel olarak birbirleriyle aynı olduğu kabul edilmektedir (Radovic et al., 2008). Buna göre, RelyX Unicem'in yapısal bileşenlerinden biri olan multifonksiyonel monomerlerin içerdiği fosforik asit gruplarının, mine ve dentinde demineralizasyonu gerçekleştirerek aynı zamanda da infiltre olduğu belirtilmektedir. Bu sistemlerde, kimyasal olarak ve ışıqla başlatılan serbest radikal polimerizasyonu, siman içerisindeki monomerlerin çapraz bağlar yaparak yüksek molekül ağırlıklı bir polimere dönüşmesini sağlamaktadır (Radovic et al., 2008). Bu tür simanlarda polimerizasyona ek olarak meydana gelen nötralizasyon reaksiyonu da RelyX Unicem için tanımlanmıştır. Buna göre,

başlangıçta asidik olan bu rezin simanın nötralizasyonu, fosforik asit (fosfat) grupları ile bazik karakterdeki doldurucu partiküller arasındaki reaksiyon ile gerçekleşmekte (cam-iyonomer konsepti) ve pH'ın 1'den 6-7'ye yükselmesi sağlamaktadır.

Fosforik asit (fosfat) grupları, aynı zamanda mine ve dentindeki hidroksi apatit ile de reaksiyona girmektedir. Bu nötralizasyon reaksiyonunun su oluşumu ile sonuçlandığı ve bunun da simana başlangıçtaki hidrofilik özelliğini kazandırdığı iddia edilmektedir. Böylelikle ıslatabilirliği artmış olan simanın suya toleransı ve diş yapısına adaptasyonu da artmış olmaktadır. *Self-etch* adeziv sistemlerin en önemli yapısal bileşenlerinden biri olan su, self-adeziv rezin simanlar için de gereklidir. Çünkü su, bu tür materyallerin yapısındaki asidik monomerlerin iyonizasyonunu sağlayarak, materyalin saldırdığı hidrojen iyonları ile smear tabakasının ve diş sert dokularının demineralizasyonunun gerçekleşmesini sağlamaktadır (Vauguht 2007, Viotti et al., 2009, Lin et al., 2010).

Buna ek olarak, self-adeziv rezin simanlarda, nötralizasyonu takiben, asidik fonksiyonel gruplar ile iyon salan bazik materyal arasında oluşan reaksiyonda suyun yeniden kullanıldığı tahmin edilmektedir. Bu durumun, hidrofilik olan siman matriksini hidrofobik bir yapıya dönüştürdüğü ve böylelikle adezivin stabilitesini artırdığı belirtilmektedir. (Radovic et al., 2008, Viotti et al., 2009). Sonuç olarak, adezyon mekanizmasının mikromekanik ve aynı zamanda asidik monomer grupları ile hidroksi apatit arasındaki kimyasal reaksiyon ile sağlandığı iddia edilmektedir.

Self-adeziv rezin simanlar, konvansiyonel rezin simanlarda basamak sayısının arttıkça uygulamada dikkat edilecek noktaların arttığının düşünülmesi ve dolayısıyla uygulama basamaklarının azaltılması amacıyla geliştirilmiştir. Bununla beraber bu simanların minedeki bağlanma etkinliklerinin memnun edici sonuçlar vermediğinin saptanması üzerine, adezyon stratejilerinin değiştirilmesi veya geliştirilmesi amacıyla simanın uygulanmasından önce minenin asit ile pürüzlendirilmesi işlemi uygulanmıştır.

Preparasyondan sonra mine ve dentin yüzeylerinde meydana gelen ve bu yüzeylerdeki bağlanması zayıf olan smear tabakası, diş ile restoratif materyalin adezyonunu olumsuz olarak etkileyen bir faktördür (De Munck et al., 2004). Bu nedenle adezyon için geliştirilen iki stratejiden birisi, smear tabakasının tamamen kaldırılması için fosforik asit uygulaması gerektiren *total-etch* adeziv sistemler ve

diğeri ise smear tabakasını uzaklaştırmayarak adezyon işlemine dahil eden *self-etch* adeziv sistemlerdir. Self- adeziv rezin simanların, minedeki adezyon stratejisi de, *self-etch* adeziv sistemlerde olduğu gibi minenin demineralizasyonu ve pürüzlenmiş olan mineye aynı anda gerçekleşen rezin infiltrasyonu ile bağlanmanın gerçekleşmesi şeklindedir (Lin et al., 2010).

Literatürde, self-adeziv rezin simanların uygulanmasından önce minenin fosforik asit ile asitlenmesinin bağlanma dayanımını artırdığına dair bir fikir birliği mevcuttur (De Munck et al., 2004, Hikita et al., 2007, Duarte et al., 2008, Lin et al., 2010). Araştırmacılar, %35'lik fosforik asit ile minenin selektif olarak asitlenmesinin, test ettikleri self-adeziv rezin simanların mikrogerilme ve makaslama bağlanma dayanımı değerlerini yaklaşık iki katına çıkardığını rapor etmişlerdir (De Munck et al., 2004, Hikita et al., 2007, Duarte et al., 2008, Lin et al., 2010).

Çalışmamızda, self-adeziv rezin simanların %35'lik fosforik asit uygulanan minedeki mikrogerilme bağlanma dayanımı değerleri 23 MPa ile 31 MPa arasında değiştiği ve bu değerlerin asitlenmemiş minedeki bağlanma dayanımı değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla olduğu saptandı. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçların literatürdeki araştırmaların bulguları ile uyumlu olduğu görülmektedir (De Munck et al., 2004, Hikita et al., 2007, Duarte et al., 2008, Lin et al., 2010).

Self-adeziv rezin simanlarla hazırlanan mine örneklerinde en çok elde edilen başarısızlık tipinin rezin siman-mine yüzeyinde adeziv başarısızlık olması, self-adeziv rezin simanların minedeki bağlanma etkinliğinin düşük olması ile açıklanabilir. Aynı şekilde, minenin fosforik asit ile asitlendiği örneklerde en çok rastlanan kopma tipinin minede koheziv olmasının da asitlenmiş mine yüzeyine adezyonun arttığı anlamına geldiği düşünülmektedir.

Minenin asitle pürüzlendirilmesi işlemi, smear tabakasının tamamen uzaklaştırılması ve bağlanma için daha uygun bir yüzey elde etmek amacıyla yapılmaktadır. Asitlenmiş olan minenin yüzey enerjisi artmakta ve böylelikle rezin monomerin asitle oluşturulmuş olan porözitelerin içine akması ve polimerizasyon sonucunda da retantif rezin taglar oluşturması sağlanmaktadır. Bunun aksine, preparasyon sonucu oluşan kalın ve yoğun bir smear tabakası varlığında, zaten visköz olan simanın bu tabakayı geçerek mine ile etkileşime girmesi önlenmiş

olmaktadır. Bu da asitlenmiş mine yüzeyindeki sonuçlarla karşılaştırıldığında bağlanma dayanımı değerlerinin azalması ile sonuçlanmaktadır (De Munck et al., 2004, Lin et al., 2010, Mazzitelli et al., 2010).

Materyallerin uygulandıkları yüzeylerin ve diş ile bağlandıkları ara yüzeylerin taramalı elektron mikroskop ve transmisyon elektron mikroskop ile morfolojik olarak incelenmesi, bağlanma mekanizmaları hakkında en doğru ve ayrıntılı bilgilere ulaşmamızı mümkün kılmaktadır.

Self-adeziv rezin simanların minedeki asitleme modelinin taramalı elektron mikroskop ile morfolojik olarak incelendiği araştırmalar, bu simanların smear tabakasını ancak kısmi olarak çözebildiğini göstermiştir (Lin et al., 2010). Araştırmacılar, mineyi 600 grenli zımpara ile prepare ederek uyguladıkları simanları organik ve inorganik çözücüler ile uzaklaştırdıktan sonra elde ettikleri elektron mikroskop fotoğraflarında, mine yüzeyinde smear tabakasının uzaklaşmadığı asitlenmemiş alanlar kaldığını göstererek bu simanların hafif derecede asitleme etkisinin olduğunu belirtmişlerdir (Lin et al., 2010). Böylelikle, visköz yapıdaki rezin simanların kalın ve sağlam smear tabakasını geçerek mine yüzeyine penetre olamadıklarını belirtmişlerdir. Yine Duarte ve arkadaşları (2008), rezin replika yöntemiyle elde ettikleri elektron mikroskopik fotoğraflarda, fosforik asit uygulanmış mine örneklerinin, minenin asitlenmeyerek self-adeziv rezin siman uygulanmış mine örneklerine oranla daha derin interprizmatik penetrasyon ve intraprizmatik hibridizasyon gösterdiğini vurgulamışlardır.

Araştırmalarda elde edilen yukarıdaki bulgular ile, çalışmamızdan elde ettiğimiz ve self-adeziv rezin simanların, asitlenmemiş minedeki etkileşimlerin az olduğu ve sınırlı bir demineralizasyon gerçekleştirdiği, fakat %35'lik fosforik asit uygulamasından sonra mine ile etkileşimlerinin artarak daha fazla bir demineralizasyon oluşturdıkları şeklindeki elektron mikroskopik bulgular ile uyumludur (Resim 17a, 17b, 17c, 17d).

Rezin simanların diş sert dokularıyla bağlanma mekanizmasını etkileyen birçok faktör vardır (Salz et al., 2006, Duarte et al 2008). Adezivlerin içerdiği monomerlerin asiditesinin, adezivlerin demineralizasyon potansiyelleri ile bağlantılı olduğu ve bağlanma dayanımlarını etkileyen faktörlerden biri olduğu düşünülmektedir (Duarte et al., 2008).

Self-adeziv rezin simanların pH değerlerinin ilk karıştırıldıkları anda düşük olduğu belirtilmektedir (De Munck et al., 2004, Duarte et al., 2008, Viotti et al., 2009). Bununla beraber, Han ve arkadaşları (2007), çalışmalarında kullandıkları self-adeziv rezin simanların, karıştırıldıktan birkaç saniye sonra pH'larının düşük olduğunu fakat 48 saat sonra pH değerlerinin Maxcem için pH:2.4, G-Cem için pH:3.6, SmartCem 2 için pH:4.0 ve Rely-X Unicem için pH:7.0'ye yükseldiğini bildirmişlerdir.

Rely-X Unicem'in bağlanma etkinliğinin ve mekanizmasının test edildiği araştırmalarda, simanın başlangıç pH'sının düşük olmasına rağmen (pH:<2) minede sadece yüzeysel bir demineralizasyon oluşturduğu ve bu sonucun siman ile mine arasındaki etkileşimin çok az olduğunu gösteren elektron mikroskop bulguları ile paralel olduğu rapor edilmiştir (De Munck et al., 2004, Goracci et al., 2006, Duarte et al., 2008). Çalışmamızda da, self-adeziv rezin simanların hem asitlenmiş hem de asitlenmemiş mineye ait SEM bulgularında, en yüksek bağlanma dayanımı değerine sahip olan Rely-X Unicem ile diğer self-adeziv simanlar arasında bir fark gözlenmemiştir.

5.4. Self-Adeziv Resin Simanların Dentindeki Bağlanma Etkinliğinin Değerlendirilmesi

Çalışmamızda bağlanma dayanımı değerlerinin 9 MPa ile 14 MPa arasında olduğu belirlenen self-adeziv rezin simanların, dentindeki bağlanma etkinliklerinin birbirleriyle benzer olduğu saptandı (Tablo 3). Literatürdeki self-adeziv rezin simanların dentindeki makaslama ve gerilme dayanımlarına ait veriler ise 3-22 MPa arasında değişiklik göstermektedir (De Munck et al., 2004, Abo-Hamar et al., 2005, Goracci et al., 2006, Yang et al., 2006, Al-Assaf et al 2007, Hikita et al., 2007, Cantoro et al., 2008, Holderegger et al., 2008, Cantoro et al., 2009, Lührset al., 2009, Sarr et al., 2009, Viotti et al., 2009, Aguiar et al., 2010, Blatz et al., 2010, Capa et al., 2010, El-Guindy et al., 2010, Mazzitelli et al.,2010). Bulgularımız, literatürde rapor edilen sonuçlar ile uyumludur.

Self-adeziv rezin simanlarla hazırlanan dentin örneklerinde en çok elde edilen başarısızlık tipinin rezin siman-dentin yüzeyinde adeziv başarısızlık olması, self-adeziv rezin simanların dentindeki bağlanma etkinliğinin düşük olması ile açıklanabilir (Tablo 3, Şekil 4). Çalışmamızda belirlediğimiz kopma tipine ait bulguların, literatürdeki çalışmalar ile uyumlu olduğu görülmektedir (Aguiar et al., 2009, Lührs et al., 2009, Viotti et al., 2009).

Self-adeziv rezin simanların dentinde gösterdiği düşük bağlanma dayanımı, visközitesi yüksek olan rezin simanın dentin yüzeyini yeterli derecede demineralize edememesi ve dentin yüzeyine yeterince infiltre olamaması ile açıklanmaktadır (De Munck et al., 2004, Goracci et al., 2006, Aguiar et al., 2009, Viotti et al., 2009, Mazzitelli et al., 2010). Resin siman-dentin arayüzünü SEM ile değerlendiren çalışmalarda, self-adeziv rezin simanların dentin yüzeyinde bulunan smear tabakasını tam olarak çözemediği ve dentin yüzeyini dekalsifiye edemediği gösterilmiştir (De Munck et al., 2004, Monticelli et al., 2008, Mazitelli et al., 2010). Aynı şekilde, dentin-rezin siman arayüzünün kalitesinin de, demineralize olmuş olan kollajen ağının içerisine monomer infiltrasyonunun oranıyla yakından ilişkili olduğu belirtilmiştir (Viotti et al., 2009).

Karıştırıldığı sırada düşük pH değerine sahip olduğunun belirlenmesine rağmen, self-adeziv rezin simanların smear tabakasını kısmi olarak çözebilmesi, bu simanların visközitelerinin fazla olması ile ve aynı zamanda penetrasyon ve etkileşim sürelerinin sınırlı olması ile ilişkilendirilmektedir (De Munck et al., 2004, Goracci et al., 2006, Aguiar et al., 2009, Viotti et al., 2009). Ayrıca, rezin simanların uygulandıktan hemen sonra polimerize edilmesinin ve sertleşme reaksiyonunun hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesinin, dentin yüzeyindeki demineralizasyonun ve kollajen ağına infiltrasyonun yeterli bir düzeyde olmasını engelleyebileceği bildirilmiştir (De Munck et al., 2004).

Nitekim, literatürdeki çeşitli araştırmalarda taramalı elektron mikroskop ile elde edilen görüntülerde, self-adeziv rezin simanlar ile dentin arayüzünde iyi bir adezyonun temelini oluşturacak olan düzenli ve devamlı bir hibrit tabakası ve homojen olarak dağılan çok sayıdaki rezin tag oluşumunun gözlenmediği bildirilmiştir (Goracci et al., 2006, Monticelli et al., 2008, Lührs et al., 2009, Viotti et al., 2009). De Munck ve arkadaşlarının, self-adeziv rezin siman-dentin arayüzünü

transmisyon elektron mikroskop ile inceledikleri çalışmalarında, ara yüzeyde çok düzensiz bir etkileşim hattı tespit edilmiş ve bu hattın, kısmi olarak demineralize edilen ve daha sonra rezin simanın içine infiltre olduğu smear tabakası olduğunu ileri sürmüşlerdir (De Munck et al., 2004). Araştırmalarda elde edilen elektron mikroskopik bulgular ile, çalışmamızda saptadığımız ve self-adeziv rezin simanların dentinde zor fark edilebilen bir hibrit tabakası oluşturmaları fakat bununla beraber, dentin tübüllerinde rezin tag oluşumuna rastlanmaması şeklindeki elektron mikroskopik bulgular ile uyumludur (Resim 19a, 19b).

Self-adeziv rezin simanların dentindeki bağlanma etkinliklerinin de tatmin edici sonuçlar vermediğinin saptanması üzerine, simanın uygulanmasından önce dentin yüzeyinde yapılacak çeşitli uygulamaların adezyonu geliştirilebileceği düşünülmüştür.

Bu amaçla araştırmacılar, dentin yüzeyindeki smear tabakasını tamamen uzaklaştırmak ve dentindeki demineralizasyonu artırmak için self-adeziv rezin siman uygulamadan önce dentin yüzeyini fosforik asit ile pürüzlendirmişler ancak istatistiksel olarak daha düşük bağlanma dayanımı sonuçları elde etmişlerdir (De Munck et al., 2004). Ayrıca aynı çalışmada, rezin siman-dentin arayüzeyi TEM ile değerlendirilmiş ve elde edilen görüntülerde dentin tübüllerinde smear tıkaçlarının tamamen uzaklaştırılmasına bağlı olarak rezin taglar gözlenmiş ancak bazı yüzeyel infiltrasyonların dışında kollagen ağının hibridize olmadığı gözlenmiştir (De Munck et al., 2004). Bunun nedeni ise, yüksek vizközitedeki simanın fosforik asitle asitlenen dentin yüzeyinde oluşan yoğun ve hidroksi apatitten yoksun olan kollagen ağına penetre olamaması ile açıklanmaktadır (De Munck et al., 2004, Hikita et al., 2007).

Self-adeziv rezin simanların dentindeki bağlanma dayanımını artırmak için önerilen yöntemlerden bir diğeri de, dentin yüzeyindeki smear tabakasının kısmen uzaklaştırılması olmuştur. Bu amaçla yapılan bir çalışmada, simantasyon öncesi dentin yüzeyine 0.1 M EDTA ve % 10'luk poliakrilik asit gibi hafif asidik solüsyonlar uygulanarak bağlanma dayanımı değerlendirilmiş ve rezin siman-dentin arayüzü Masson's Trichrome metoduyla boyanmış ve ışık mikroskopunda incelenmiştir. Kullanılan bu asitlerin, smear tabakasını kısmi olarak uzaklaştırarak ve böylelikle mineralden tamamen yoksun olmayan bir dentin yüzeyi bırakarak rezin

siman ve dentin arasındaki kimyasal reaksiyonu artıracak ileri sürülmüştür (Mazzitelli et al., 2010).

Sonuçta, test edilen self-adeziv rezin simanlardan RelyX Unicem ve BisCem'in mikrogerilme bağlanma dayanımlarının düştüğü ancak aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı saptanmıştır. Araştırmacılar, mikroskopik inceleme sonucu RelyX Unicem'in uygulandığı smear tabakası bulunan, EDTA ve poliakrilik asit uygulanmış dentin yüzeylerinin hiçbirinde demineralizasyon ve infiltrasyon gözlemediklerini belirtmişlerdir (Mazzitelli et al., 2010).

G-Cem kullanıldığında ise, her iki uygulamanın da bağlanma dayanımını artırdığı fakat sadece poliakrilik asit uygulanan gruptaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirtilmiştir. Yapılan mikroskopik incelemelerde de, BisCem ve G-Cem'in EDTA ve poliakrilik asit uygulanmış dentin yüzeylerine infiltre olabildiğini, kısa ve düzensiz rezin taglar oluşturduğunu belirtmişlerdir (Mazzitelli et al., 2010). Araştırmacılar G-Cem ile elde edilen bu sonuçların, rezin simanda kullanılan cam iyonomer teknolojisinden kaynaklandığını ve poliakrilik asit ile dentinde bulunan fosfor ve kalsiyum iyonlarının aktive edilerek siman ve dentin arasındaki kimyasal reaksiyonu artırdığını ileri sürmektedirler (Mazzitelli et al., 2010).

Çalışmamızda içeriğinde cam iyonomer simanlara benzer şekilde florolu alümino-silikat cam ve su içeren tek rezin siman olan G-Cem ile test edilen diğer rezin-simanların bağlanma etkinlikleri ve mekanizması benzer bulunmuştur. Kimyasal yapısı farklı olan simanların bağlanma mekanizmalarının yanında klinik performanslarının ve aynı zamanda hangi tip restorasyonlarda kullanılmasının daha iyi olacağının belirleneceği araştırmalara ihtiyaç vardır.

Yukarıdaki çalışmalarda, dentindeki smear tabakasının kısmi veya tamamen ortadan kaldırılmasının self-adeziv rezin simanların bağlanma dayanımı sonuçlarına olumlu bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Çalışmamızda, dentinde yeterli demineralizasyon ve infiltrasyon sağlayamadığı saptanan self-adeziv rezin simanların, smear tabakası olmayan bir dentin yüzeyinde oluşturduğu etkileşimin incelenmesi de amaçlandı. Bunun için prepare edilmeden kırılarak hazırlanan dentin yüzeyleri ile bu yüzeylere uygulanan simanlar arasında elde edilen arayüze ait görüntüler SEM'de değerlendirildi. Buna göre smear tabakasının olmadığı ve smear tıkaçlarının tübül ağzlarını tıkamadığı dentin yüzeyinde, self-adeziv rezin simanların

dentin tübüllerine iyi bir şekilde penetre olabildiği ve konvansiyonel rezin simanların oluşturduğuna benzer düzenli ve uzun rezin taglar oluşturabildikleri gözlemlendi (Resim 20a, 20b, 20c, 20d).

Kırılmış dentin örnekleri ve self-adeziv rezin simanlardan RelyX Unicem kullanılarak hazırlanan arayüz örneklerinin TEM ve SEM görüntülerinin incelediği başka bir çalışmada ise, dentin tübüllerinde rezin taglar bulunduğu ancak rezin simanın demineralizasyon etkisinin ve infiltrasyonunun yine sınırlı olduğu ve smear tabakası bulunan dentin örneklerinde gözlenenenden farklı olmadığı rapor edilmiştir (De Munck et al., 2004).

Dişlerin kırılmasıyla oluşturulan smear tabakasından yoksun dentin yüzeylerini klinik olarak elde etmek mümkün değildir. Ancak Er-YAG lazer kullanılarak yapılan bazı çalışmalarda, araştırmacılar dentinin lazerle preparasyonundan sonra smear tabakası bulunmayan, dentin tübüllerinin açık olduğu ve demineralize olmamış fakat aynı zamanda pürüzlü bir yüzey elde edildiğini rapor etmişlerdir (Wright et al., 1993, Visuri et al., 1996, Aoki et al., 1998, Niu et al., 1998).

Nitekim, Er-YAG lazer kullanarak SmartCem 2, RelyX Unicem and Multilink Automix rezin simanlarının dentin yüzeyindeki bağlanma dayanımını inceleyen bir çalışmada, lazer ile preparasyonun, self-adeziv rezin simanların makaslama bağlanma dayanımını artırdığını göstermiştir (Capa et al., 2010). Sonuç olarak, self-adeziv rezin simanların smear tabakası ile etkileşimlerinin nasıl olduğuna ve smear tabakasını modifiye etmeye yönelik yapılacak olan başka çalışmalara ihtiyaç vardır.

Self-adeziv rezin simanların dentindeki bağlanma dayanımına etki ettiği düşünülen faktörlerden birisi, minedeki bağlanma dayanımını da etkilediği kabul edilen, simanların asiditeleridir. Self-adeziv rezin simanlar ilk karıştırıldıkları anda düşük pH değerlerine sahip olmasına rağmen, RelyX Unicem'in birkaç dakika içinde pH değerinin yükseldiği belirtilmektedir (Augiar et al., 2009). Yine, Han ve arkadaşları (2007) self-adezivlerin pH değerlerini araştırmışlar ve RelyX Unicem'in 20 sn ışıqla polimerizasyonundan sonra pH değerinin 5, diğer self-adeziv rezin simanların ise 3.6'nın altında olduğunu rapor etmişlerdir. Aynı çalışmada 48 saat

sonra yapılan ölçümlerde pH'ı nötr olan tek self-adeziv rezin simanın RelyX Unicem olduğu tespit edilmiştir.

Diğer bazı araştırmacılar, mine ve dentinin asitlenmesinde başlangıçtaki pH'ın düşük olmasının önemli olmasına rağmen, yüksek asiditeye maruz kalmanın süresi arttıkça simanın dentine adezyonunun olumsuz yönde etkilenebileceğini belirtmektedirler (Wang and Spencer 2005, Han et al., 2007). Bu bilgiler ışığında, çalışmamızda diğer self-adeziv rezin simanlar ile arasında istatistiksel bir fark olmamasına rağmen, RelyX Unicem'in dentinde en yüksek bağlanma dayanımı gösteren materyal olması, düşük pH değerinin kısa sürede nötralize olmasına ve böylelikle simanın asiditesinin ortadan kalkmasına bağlanabilir.

Self-adeziv rezin simanların tiksotropik özelliğinin de bağlanma dayanımı açısından önemli olduğu belirtilmektedir (De Munck et al., 2004, Goracci et al., 2006). Normalde jel kıvamında bulunan bir maddenin karıştırma, ajitasyon veya başka kuvvetlere maruz kalması sonucu akışkanlığının artması tiksotropik özellik olarak ifade edilmektedir.

Araştırmacılar, simantasyon sırasında uygulanan kuvvetin adaptasyonu artıracağını ve artan baskı kuvvetiyle sağlanan yakın adaptasyonun, van der Waals kuvvetleri, hidrojen köprüleri ve şarj transveri gibi fiziksel etkileşimleri artıracağını belirtmiştir (De Munck et al., 2004, Moszner et al., 2005). Ancak, De Munck ve ark. (2004), etkileşim zamanı kısa olan visköz yapıdaki materyalin penetrasyonu sırasında, uygulanmasının hemen ardından ışıqla polimerize edildiği için simanın tiksotropik özelliğine bağlı olarak akışkanlığının artmasına izin verilmediğini bildirmişlerdir.

Nitekim, simantasyon sırasında farklı baskı kuvvetleri (20 ve 40 g/mm²) uygulayarak self-adeziv rezin simanların dentine bağlanma dayanımını inceleyen bir çalışmada, RelyX Unicem ve MaxCem'e uygulanan basınç arttıkça bağlanma dayanımının arttığı belirtilmiştir. Ancak aradaki fark yalnız RelyX Unicem için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Aynı çalışmada, MaxCem ile hazırlanan örneklerin SEM görüntülerinde her iki baskı kuvvetinde mikromekanik bağlanmaya ait bir kanıt rastlanamamıştır. RelyX Unicem'e ait SEM görüntülerinde ise daha iyi bir devamlılık gözlenmesine rağmen hibrit tabakası gözlemlenememiştir. Ancak simana uygulanan yüksek baskı kuvvetinin dentindeki penetrasyonu artırmadığı

halde, simanın içindeki pöröziteleri ve kalınlığını azalttığı belirtilmiştir (Goracci et al., 2006).

Adezivlerin içerdiği fonksiyonel monomer tipinin de, bağlanma dayanımına etki eden bir faktör olduğu bilinmektedir. 10-MDP, kimyasal bağlanma potansiyeli yüksek olarak bilinen bir monomerdır ve çalışmamızda test edilen rezin simanlardan Clearfil SA içinde bulunmaktadır. Mine ve dentini asitleme yeteneği olan MDP'nin hidroksiapatit ile kimyasal olarak bağlanabilmesi, hidroksiapatitteki kalsiyum iyonlarına tutunması, hidroksiapatitteki fosfat iyonlarıyla reaksiyonu veya fosfat ve hidroksil iyonları ile yer değiştirmesi sonucu mümkün olmaktadır. Bu bağlanmanın kuvvetli ve hidrolize dirençli olduğu bildirilmiştir (Fukeyawa et al., 2006, Van Landuyt et al., 2007). Kuraray patentli olan MDP monomeri aynı firmaya ait iki basamaklı bir *self-etch* adeziv olan Clearfil SE Bond içinde de bulunan bir fonksiyonel monomerdır. Clearfil SE Bond ile yapılan birçok laboratuvar ve klinik çalışmada kaydedilen yüksek bağlanma dayanımı değerleri ve adezivin performansının yüksek olması mikromekanik bağlanma yanında gerçekleşen bu kimyasal bağlanmaya dayandırılmıştır. Çalışmamızda test edilen Clearfil SA ile diğer self-adeziv rezin simanların mine ve dentindeki bağlanma dayanımları arasında fark bulunmamıştır.

Çalışmamızda test edilen diğer rezin simanlardan SmartCem 2'nin ve Rely-X Unicem'in yapısında bulunan asidik monomerler, sırasıyla PENTA ve fosforik asit ester monomer'dir. Yapılan çalışmalar, hidroksiapatit ile kimyasal bağlanma özelliğinin fosforik asit esterde de bulunduğunu göstermiştir. Fosforik asit ester monomerin hidroksiapatitte oluşturduğu kısmi bir dekalsifikasyon ve iyonik bağlar aracılığıyla kimyasal bağlanma meydana gelmektedir (Fu et al., 2005).

G-Cem, cam iyonomer teknolojisi kullanılarak üretilmiş olan bir rezin simandır ve bağlanma mekanizmasının, cam iyonomer simanda bulunan poliakrilik asidin 4-MET ve fosforik asit esterler ile yer değiştirmesine dayalı olduğu belirtilmektedir. Üretici firma tarafından, cam iyonomer simanda olduğu gibi rezin simanın da yapısında kullanılan suyun demineralizasyona yardımcı olacağı tahmin edilmiştir (Viotti et al., 2009). Bununla beraber, kimyasal bağlanma potansiyeli diğer monomerlere oranla daha düşük olan 4-MET ve yapıdaki yüksek molekül ağırlıklı fonksiyonel monomerlerin, simanın kimyasal bağlanmasını olumsuz yönde etkilediği

düşünülmektedir (Viotti et al., 2009). Bunun dışında, demineralizasyonu ve adezyonu sağlamak için kullanılan 4-META (4-MET)'nin, hidroksiapatitdeki kalsiyum iyonlarıyla iyonik bağlar oluşturduğu bilinmesine rağmen, bu bağların 10-MDP'nin oluşturdukları kadar kuvvetli olmadığı belirtilmektedir (Van Landuyt et al., 2007). Çalışmamızda cam iyonomer siman yapısındaki tek rezin siman olan G-Cem ile diğer self-adeziv rezin simanlar arasında fark bulunmamıştır.

Rezin simanlarda kullanılan fonksiyonel monomerlerin, simanların demineralizasyon potansiyellerini etkileyen bir faktör olmasına karşın, simanlara ait başka birçok özelliğin bağlanmada etkili olduğu düşünülebilir. Rezin simanların yapısal bileşenlerinden biri olan asidik monomerler ile ilgili olarak yapılacak başka çalışmalara ihtiyaç vardır.

5.5. Konvansiyonel Rezin Simanların Minedeki Bağlanma Etkinliğinin Değerlendirilmesi

Çalışmamızda kontrol grubu olarak test edilen konvansiyonel rezin simanlardan iki basamaklı *total-etch* adeziv sistemle kullanılan RelyX ARC'nin minedeki bağlanma dayanımı değeri 39 MPa bulunurken, üç basamaklı *total-etch* adeziv sistemle kullanılan Variolink II'nin bağlanma dayanımı 52 MPa olarak saptandı. Aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı. Literatürde *total-etch* adeziv sistemle kullanılan konvansiyonel rezin simanların minedeki bağlanma dayanımına ait veriler ise 15-49 MPa arasında değişiklik göstermektedir. (De Munck et al., 2004, Abo-Hamar et al., 2005, Goracci et al., 2006, Hikita et al., 2007, Duarte et al., 2008, Lühns et al., 2009, Ratnaweera et al., 2009, Viotti et al., 2009, Khoroushi and Tavasoli 2010).

Çalışmamızda konvansiyonel rezin simanların minedeki bağlanma dayanımları, asitlenmemiş mine ve asitlenmiş mine yüzeyine uygulanan self-adeziv rezin simanların sonuçlarına göre istatistiksel olarak daha yüksek bulundu.

Hikita ve arkadaşları (2007), bazı *self-etch* ve *total-etch* adeziv sistemlerin farklı konvansiyonel ve self-adeziv rezin simanlarla kombine edildiğinde mine ve dentindeki bağlanma dayanımlarını nasıl etkileyeceği incelemiştir. Araştırmacıların

bulguları, çalışmamız ile benzer şekilde, iki basamaklı *total-etch* adeziv sistemle kullanılan Nexus 2 ve üç basamaklı *total-etch* adeziv sistemle kullanılan Variolink II'nin bağlanma dayanımlarının, RelyX Unicem'den istatistiksel olarak yüksek olduğu şeklindedir.

Ancak aynı çalışmada, RelyX Unicem'in asitlenmiş mine yüzeyindeki performansının ise konvansiyonel rezin simanlar ile benzer olduğu saptanmıştır (Hikita et al., 2007). Yine, Duarte ve arkadaşlarının (2008) yaptıkları bir başka çalışmada, self-adeziv rezin simanların ve *total-etch* adeziv sistemle kullanılan bir konvansiyonel rezin siman olan RelyX ARC'nin minedeki bağlanma dayanımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Araştırmacılar, asitlenmiş mine yüzeyine uygulanan self-adeziv rezin simanların bağlanma dayanımı değerlerini ise *total-etch* adeziv simanla kullanılan konvansiyonel rezin simandan daha yüksek olarak saptamıştır.

Çalışmamızdan elde edilen bulgulara göre, *total-etch* adeziv sistemle kullanılan konvansiyonel rezin simanların minede yüksek bağlanma dayanımı göstermelerinin sebebi, mineye bağlanmada büyük önem taşıyan asitleme işleminin yapılmasına bağlanabilir. Ayrıca *total-etch* adeziv sistemlerde minenin fosforik asitle asitlenmesi ve bu işlemin ayrı bir basamak olarak yapılması, *self-etch* adeziv sistemlerle oluşturulandan daha fazla demineralizasyon derinliği oluşturur. Böylece minede adezyon için gerekli mikromekanik bağlanmayı sağlayan daha retantif mikrotaglar ve mikrotaglar oluşmaktadır (Van Meerbeek et al., 2005).

Bugüne kadar yapılan *in vitro* ve *in vivo* araştırmalarda *total-etch* adeziv sistemlerin mine ve dentinde iyi bir adezyon sağladıkları rapor edilmiştir. Ancak yapılan çalışmalar, üç basamaklı *total-etch* sistemlerin mine ve dentine adezyonunun iki basamaklı *total-etch* sistemlere göre daha üstün olduğunu göstermektedir (Van Meerbeek et al., 2005). Bunun nedeni, basamak sayısı azaltılmış olan sistemlerde primer ve adeziv solusyonunun tek şişede toplanmasının teknik hassasiyetin daha fazla olmasına yol açması ile açıklanmaktadır. Ayrıca yapılan dayanıklılık çalışmalarında, yaşlandırma prosedürü sonrası üç basamaklı *total-etch* adezivlerle oluşturulan bağlanma yüzeyinin, iki basamaklı *total-etch* adezivlere göre daha iyi korunduğu gözlenmiştir (Van Meerbeek et al., 2005).

Çalışmamızda da üç basamaklı total-etch adezivle kullanılan Variolin II'nin sonuçları iki basamaklı *total-etch* adezivle kullanılan RelyX ARC'ye göre daha iyi bulunmuştur.

Çalışmamızdan elde edilen SEM görüntülerinde; asitlenmemiş mine ve asitlenmiş mine yüzeyine self-adeziv rezin siman uygulanmasıyla hazırlanan arayüz örneklerindeki demineralizasyonun ve etkileşimin, *total-etch* adeziv sistemle kullanılan konvansiyonel rezin simanlardan elde edilenlere göre çok sınırlı boyutta olduğu gözendi. Bu bulgu, konvansiyonel rezin simanların minede self-adeziv rezin simanlara göre neden daha yüksek bir bağlanma dayanımı gösterdiğini açıklayabilir.

Başarısızlık tipleri değerlendirildiğinde, RelyX ARC ile Variolink II'nin sonuçlarının birbirinden farklı olduğu gözlemlendi. Variolink II, minede en yüksek bağlanma dayanımı değeri göstermesine rağmen, bu konvansiyonel siman ile elde edilen örnekler, sıklıkla mine-siman arayüzünde adeziv başarısızlık göstermiştir. RelyX ARC'nin ise minede test edilmesinden sonra, en çok gözlenen başarısızlığın karışık tip başarısızlık olduğu saptandı. Bu konvansiyonel rezin siman ile elde edilen kırılmış yüzeylerde arayüzde oluşan kopma ile beraber mine dokusuna ve rezin simana da rastlandı (Resim 15a,15b).

5.6. Konvansiyonel Rezin Simanların Dentindeki Bağlanma Etkinliğinin Değerlendirilmesi

Literatürde *total-etch* adeziv sistemle kullanılan konvansiyonel rezin simanların dentindeki bağlanma dayanımı değerlerinin 13 MPa ile 70 MPa arasında değiştiği gözlenmektedir (Furukawa et al., 2002, Mak et al., 2002, Yang et al., 2006, Hikita et al., 2007, Camilotti et al., 2008, Holderegger et al., 2008, Mazzitelli et al., 2008, Santos-Daroz et al., 2008, Cantoro et al., 2009, Hiraishi et al., 2009, Kameyama et al., 2009, Lühns et al., 2009, Ratnaweera et al., 2009, Sarr et al., 2009, Viotti et al., 2009, Khoroushi and Tavasoli 2010, Melo et al., 2010). Çalışmamızda RelyX ARC ile dentinde elde edilen bağlanma dayanımı değerinin (34 MPa) bu aralıkta yer aldığı görülmektedir.

Bu çalışmada test edilen tüm rezin simanlar içerisinde dentindeki bağlanma dayanımının en yüksek olduğu rezin simanın RelyX ARC olduğu belirlendi. Bir konvansiyonel rezin siman olan RelyX ARC'nin dentindeki bağlanma etkinliği ile minedeki bağlanma etkinliği arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı saptandı.

Literatürde yer alan ve materyallerin dentindeki bağlanma dayanımlarının test edildiği birçok çalışmada da, benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Buna göre, self-adeziv rezin simanların, dentinde, *total-etch* adeziv sistemlerle kullanılan konvansiyonel rezin simanlardan daha düşük bir performans gösterdikleri rapor edilmektedir (Holderegger et al., 2008, Mazzitelli et al., 2008, Cantoro et al., 2009, Hiraishi et al., 2009, Lührs et al., 2009, Viotti et al., 2009,). Bununla beraber, *total-etch* adeziv sistemle kullanılan konvansiyonel rezin simanlar ile self-adeziv rezin simanların dentindeki bağlanma dayanımını benzer bulan bazı çalışmalar da vardır (Abo-Hamar et al., 2005, Hikita et al., 2007, Sarr et al., 2009).

RelyX ARC'nin dentindeki bağlanma dayanımı sonuçlarının self-adeziv rezin simanların dentindeki bağlanma dayanımından yüksek olmasının nedeni, çalışmamızda ve diğer çalışmalarda elde edilen SEM bulgularıyla açıklanabilir (Resim 21c, 21d). Buna göre, self-adeziv rezin siman-dentin ara yüzeyinde ince bir hibrit tabakası gözlenir ve rezin taglara rastlanmaz iken, *total-etch* adeziv sistemle kullanılan konvansiyonel rezin siman ile dentin arayüzünde düzenli ve homojen bir hibrit tabakası ve rezin tag oluşumları gözlenmektedir (Monticelli et al., 2008, Cantoro et al., 2009).

Çalışmamızda kullanılan diğer bir konvansiyonel rezin siman olan Variolink II, üretici firma tarafından da belirtildiği gibi iki şekilde test edilmiştir. Bunlardan biri, mine ve dentinde *total-etch* adeziv sistemle birlikte kullanılmasıdır. Bir diğer önerilen kullanılma şekli ise, mineda selektif asitleme ile birlikte dentinde *self-etch* adeziv sistemle kullanılmasıdır.

Çalışmamızda, *total-etch* adeziv sistemle birlikte kullanılan Variolink II'ye ait dentindeki bağlanma dayanımı sonuçlarının (10 MPa), literatürde *total-etch* adeziv sistemle kullanılan konvansiyonel rezin simanların dentindeki bağlanma dayanımı değerlerinin (13-70 MPa) altında yer aldığı görülmektedir.

Literatürde *self-etch* adeziv sistemlerle birlikte kullanılan konvansiyonel rezin simanların (Nexus 2, Variolink II, Panavia F2, Clearfil Esthetic Cement, Bistite II

DC) ise dentindeki bağlanma dayanım değerleri 11-39 MPa arasında yer almaktadır (De Munck et al., 2004, Abo-Hamar et al., 2005, Goracci et al., 2006, Yang et al., 2006, Al-Asaf et al., 2007, Hikita et al., 2007, Cantoro et al., 2008, Holderegger et al., 2008, Chaves et al., 2009, Hiraishi et al., 2009, Lührs et al., 2009, Sarr et al., 2009, Viotti et al., 2009). Çalışmamızda Variolink II'nin *self-etch* adezivle kullanılması sonucu dentinde elde edilen bağlanma dayanım değeri (11 MPa), literatürde yer alan değerlerin alt sınırındadır.

Variolink II ile elde edilen bulgulara bakıldığında, bu konvansiyonel rezin simanın dentindeki performansının, kullanılan adeziv sisteme (*total-etch* veya *self-etch*) göre değişmediği ve mikrogerilme bağlanma dayanımı değerlerinin, self-adeziv rezin simanların dentindeki mikrogerilme bağlanma dayanımı değerleriyle benzer olduğu bulundu.

Literatürde sonuçların bu kadar değişkenlik göstermesi, deneyler sırasında ortaya çıkan ve test öncesi başarısız olan örneklerle ait sonuçların hesaplamalara dahil edilip edilmemesinden kaynaklanabilmektedir. Benzer şekilde, dentinde test edilen Variolink II'ye ait sonuçların düşük olması, test öncesi başarısızlığa uğrayan örnekler nedeniyle oluşmuş olabilir. Variolink II ile elde edilen ve test öncesi başarısız olan örneklerin bağlanma dayanımı değerlerinin 0 MPa olarak kaydedildiği çalışmamızda, *total-etch* adeziv kullanılarak hazırlanan örneklerin yaklaşık yarısı ve *self-etch* adeziv kullanılarak hazırlanan örneklerin ise tamamına yakın bir kısmı, mikrogerilme bağlanma dayanımı testinden önce kırılmıştır. Bir deney grubuna ait ortalama bağlanma dayanımı değeri hesaplanırken, bu örneklerin 0 MPa olarak ortalamaya dahil edilmesi Variolink II'ye ait bağlanma dayanımı sonuçlarının düşmesine neden olmuştur.

Materyale ait test öncesi başarısızlığın fazla olması, materyalin düşük bağlanma dayanımı ile açıklanabilir. Bağlanma dayanımının düşmesinin ise iki sebeple meydana gelmiş olabileceği düşünülmektedir. Bunlardan birincisi, Syntac adeziv ve Heliobond'un, Variolink II uygulandıktan sonra, siman ile beraber polimerize edilmesidir. Üretici firma, indirekt kompozit uygulamalarında, Syntac adeziv ve Heliobond'un rezin siman ile birlikte polimerize edilmesinin, kalınlığı artırarak restorasyonun uyumunu etkileyebileceğini belirtmiştir. Bununla beraber Variolink II ile ilgili yapılan çalışmalarda, rezin siman uygulamadan önce Syntac

adeziv ve Heliobond'un polimerize edilmesinin marjinal adaptasyonu artırdığı kadar bağlanma dayanımını da artırdığı belirtilmiştir (Frankenberger et al., 1999, Behr et al., 2004).

Bağlanma dayanımının düşük olmasının ikinci nedeni ve hakkında daha fazla araştırmaya gerek duyulan bir konu ise, Variolink II'nin kimyasal olarak polimerize olma potansiyelinin düşük olması olasılığıdır. Hikita ve arkadaşları (2007), *self-etch* adeziv sistemle birlikte kullanılan Variolink II'nin dentindeki bağlanma dayanımı değerlerinin düşük olmasını, kullandıkları 7 mm kalınlığındaki kompozit bloklara bağlamışlardır. Araştırmacılar, her yönden 20'şer saniye süreyle yapılan polimerizasyon sırasında kompozit blok içerisinden geçerek simana ulaşan ışığın şiddetinin düşmesine bağlı olarak konversiyon oranının düştüğünü belirtmiştir. Ayrıca, yeterli bir polimerizasyon derecesi elde etmek için Variolink II ile beraber kullanılacak olan kompozit blokların kalınlığının 3 mm olması gerektiğini bildirmişlerdir. Nitekim, rezin simanların polimerizasyon dereceleri ile ilgili olarak yapılan *in vitro* çalışmalarda, Variolink II'nin kimyasal olarak polimerize olma potansiyelinin diğer rezin simanlarla karşılaştırıldığında daha düşük olduğu rapor edilmiştir (Caughman et al., 2001, Hofmann et al., 2001).

Literatür incelendiğinde, rezin simanların polimerizasyonları için farklı sürelerin kullanıldığı görülmektedir. Örneğin, Variolink II'nin dentindeki bağlanma dayanımını test eden araştırmalarda, çalışmamıza benzer şekilde kompozit bloğu her yönden 40 saniye polimerize eden bir çalışmaya rastlanmıştır (Chaves et al., 2009). Bununla beraber, kompozit bloğun her yönden 20 saniye ışıkla sertleştirildiği veya örneğin sadece 40 saniye polimerize edildiği çalışmalara da rastlamak mümkündür (Sarac et al., 2005).

Çalışmamızda indirekt yöntemle hazırlanmış kompozit blokların kalınlığı 5 mm idi. Polimerizasyonunun ideal bir şekilde tamamlanabilmesi için, rezin siman, üretici firmanın da önerdiği şekilde, her bir yönden (okluzal, bukkal, lingual, mezial ve distal) 40 saniye süreyle ışıkla sertleştirildi. İndirekt restorasyonlar yerleştirildikten sonra rezin simanlarda yeterli ve ideal bir polimerizasyonunun sağlanabilmesi için gerekli olan koşullar ve simanların polimerizasyon derecelerini etkileyen faktörler ile ilgili olarak daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Başarısızlık tipleri incelendiğinde, Variolink II ile dentinde en sık görülen başarısızlığın, minede olduğu gibi, dentin-siman ara yüzünde adeziv olduğu görülmektedir. ReyX ARC’de ise, simanın kompozit yüzeyinden ayrıldığı örneklerin sıklığı dikkati çekmektedir.

Bu çalışmada elde edilen mine, asitlenmiş mine ve dentindeki bağlanma dayanımı değerlerinin, self-adeziv rezin simanların diş sert dokularına adezyonu konusunda yeterli olup olmadığının değerlendirilebilmesi için klinik performanslarının inceleneceği araştırmalara ihtiyaç vardır. Üretici firmalar tarafından dentin tübüllerinden smear tıkaçlarını uzaklaştırmadan bir adezyon sağladığı savunulan ve elektron mikroskopik bulgulara smear tabakası ile etkileşimlerinin çok az olduğu saptanan bu materyallerin, klinikte postoperatif hassasiyet açısından da değerlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle içeriklerindeki fonksiyonel monomerlerin davranışlarının anlaşılması, self-adeziv rezin simanların adezyon mekanizmaları konusunda gereken bilgileri edinmemizi sağlayacaktır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmadan çıkarılabilecek olan sonuçlar aşağıdaki gibidir:

Test edilen self-adeziv rezin simanlar; Clearfil SA, G-Cem, SmartCem 2 ve RelyX Unicem'in minedeki bağlanma etkinlikleri arasında fark saptanmadı. Minedeki mikrogerilme bağlanma dayanımı açısından, self-adeziv rezin simanlar ile *total-etch* rezin simanlar arasında istatistiksel olarak önemli fark saptandı.

Bu fark, mine yüzeyindeki demineralizasyonun ve arayüzdeki etkileşimin oldukça sınırlı olduğunun belirlendiği self-adeziv rezin simanlara ait elektron mikroskop bulguları ile paralellik gösterdi.

Minenin selektif olarak fosforik asit ile asitlenmesi, self-adeziv rezin simanların bağlanma dayanımını istatistiksel olarak önemli oranda artırdı. En sık gözlenen başarısızlık tipinin minede koheziv olduğu gözlemlendi.

Self-adeziv rezin simanlar ile asitlenmiş mine ara yüzeyinden elde edilen elektron mikroskopik bulgular, *total-etch* rezin simanlara ait ve arayüzdeki demineralizasyon hattının rahatlıkla gözlenebildiği bulgular ile benzerlik gösterdi.

Elde edilen bu sonuç, self-adeziv rezin simanların, minenin çok az bulunduğu veya hiç olmadığı preparasyonlarda kullanılacak olan ideal bir materyal olmadığı anlamına gelebilir.

Test edilen self-adeziv rezin simanlar; Clearfil SA, G-Cem, SmartCem 2 ve RelyX Unicem'in dentinde gösterdiği bağlanma dayanımı, *total-etch* rezin siman RelyX ARC'den istatistiksel olarak önemli oranda düşüktü. Elde edilen düşük bağlanma dayanımı, dentin-rezin siman arayüzündeki adeziv tip başarısızlık ile ilişkilendirildi.

Bağlanma mekanizmasının morfolojik olarak incelenmesi, self-adeziv rezin simanların, smear tabakasının kaldırılmadığı dentin ile etkileşimlerinin sınırlı olduğunu ve dentin yüzeyine infiltrasyonlarının olmadığını gösterdi.

Smear tabakası bulunmayan dentin ile hazırlanan örneklerle ait SEM görüntülerinde, self-adeziv rezin simanların smear tıkaçları içermeyen dentin tübüllerine rahatlıkla penetre olabildiği gözlemlendi. Morfolojik incelemelerde, *total-etch* rezin siman RelyX ARC'ye ait görüntülerde olduğu gibi kalın bir hibrit tabakası elde edilmemesine rağmen benzer şekilde rezin tag oluşumlarına rastlanması, bu

materyallerin demineralizasyon ve hibridizasyon potansiyellerinin sınırlı olduğu anlamına gelmektedir.

Çalışmamızda, dentinde *total-etch* ve *self-etch* rezin siman olarak kullanılan Variolink II ile elde edilen mikrogerilme bağlanma dayanımı testine ait sonuçlar, bu konvansiyonel rezin simanın performansının *self-adeziv* rezin simanlardan daha iyi olmadığını gösterdi.

Materyale ait düşük bağlanma dayanımı sonuçları, gruptaki test öncesi başarısızlığa uğrayan örnek sayısının fazla olması ve bu örneklerin mikrogerilme bağlanma dayanımı değerlerinin 0 MPa alınması ile ilişkilendirildi.

Test edilen altı adet rezin simanın mikrogerilme bağlanma dayanımı sonuçlarının literatür ile uyumlu olduğunun saptanması, Süleyman Demirel Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi'nde, mikrogerilme bağlanma dayanımı testinin uygulanması için gerekli olan ekipman ve standart test prosedürünün oluşturulmuş olduğunu gösterdi.

ÖZET

Self-adeziv Rezin Yapıştırma Simanlarının Mine ve Dentine Bağlanma Etkinliklerinin ve Mekanizmasının Araştırılması

Piyasada, son zamanlarda tanıtılan birçok self-adeziv rezin siman bulunmaktadır. Bu rezin simanların klinik uygulamasından önce etkinliklerinin bilinmesi çok önemlidir.

Bu çalışmanın amacı farklı self-adeziv rezin simanları mikrogerilme bağlanma dayanımlarını (μ TBS) değerlendirmek ve sonuçları konvansiyonel rezin simanlarla karşılaştırmaktır. Ayrıca simanların diş sert dokularıyla etkileşimlerini taramalı elektron mikroskobu ile değerlendirildi (SEM).

Çalışmamızda dört self-adeziv rezin siman Clearfil SA, RelyX Unicem, SmartCem2 ve G-Cem) ve iki konvansiyonel rezin siman (RelyX ARC, Variolink II) kullanıldı.

Kompozit rezin (Filtek Z250) diskler (12 mm çapında 5 mm kalınlığında) elli bir adet insan molar dişinin düzleştirilmiş mine ve dentin yüzeylerine simante edildi. Tüm örnekler simantasyon sonrasında 37 °C’de distile su içinde 24 saat saklandı. Mine ve dentin örnekleri ortalama 1mm²’lik kesit alanlı örnekler elde etmek için kesildi ve elde edilen örneklerle 1mm/dk’lık çapraz hızda kırılma gerçekleşene kadar gerilme kuvveti uygulandı. Elde edilen veriler tek-yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey’s HSD post hoc çoklu karşılaştırmalı test ile istatistiksel olarak analiz edildi.

Minedeki mikrogerilme bağlanma dayanımı ortalamaları 14 ile 52 MPa arasında bulundu. Asitlenmiş minedeki mikrogeerilme bağlanma dayanımı ortalamaları 23 ile 31 MPa arasında olarak kaydedildi. Dentindeki mikrogerilme bağlanma dayanımı ortalamaları ise 9 ile 34 MPa arasında belirlendi. Elde edilen mikrogerilme bağlanma dayanımı sonuçları taramalı elektron mikroskop bulguları ile uyumlu bulundu.

Self-adeziv rezin simanlara ait mikrogerilme bağlanma dayanımı sonuçları ve taramalı elektron mikroskop bulguları minenin selektif olarak fosforik asit ile asitlenmesinin bağlanma dayanımını artırdığı açıkça göstermiştir.

Anahtar kelimeler: adezyon, mikrogerilme bağlanma dayanımı, rezin siman, self-adeziv rezin siman, taramalı elektron mikroskop.

ABSTRACT

Investigation of the Bonding Effectiveness and Mechanism of Self-Adhesive Resin Luting Cements to Enamel and Dentin

Several self-adhesive resin cements have recently been introduced on the market. It is crucial to know the effectiveness of such resin cements prior to their clinical application.

The purpose of this study was to evaluate microtensile bond strength (μ TBS) produced by different self-adhesive cements and compare them conventional resin cements. The interface characterization of the cements was also analyzed by scanning electron microscope (SEM).

Four self-adhesive cements (Clearfil SA, RelyX Unicem, SmartCem2, G-Cem), and two conventional cements (RelyX ARC, VariolinkII) were used in this study.

Resin composite (Filtek Z250) discs (12mm in diameter, 5mm thick) were cemented on the flat enamel and dentin surface of fifty-one human molar teeth. All specimens were stored in distilled water at 37 °C for 24 h after cementing. The bonded enamel and dentin surfaces were sectioned into sticks with a cross-section of approximately 1 mm² and tested to failure in tension mode at a crosshead speed of 1 mm/min. Data were statistically analyzed by one-way analysis of variance (ANOVA) followed by multiple comparisons with the Tukey's HSD post hoc test.

The mean microtensile bond strength to non-etched enamel were between 14 and 52 MPa. The microtensile bond strength to etched enamel were between 23 and 31 MPa. The mean microtensile bond strength to dentin were between 9-34 Mpa. The measured bond strengths corresponded with the SEM examination.

The outcome of μ TBS test and SEM findings of self-adhesive resin cements clearly indicated that selective etching with phosphoric acid to enamel increased the bond strength.

Key words: adhesion, microtensile bond strength, resin cement, self-adhesive resin cement, scanning electron microscopy.

KAYNAKLAR

Abo-Hamar SE, Hiller KA, Jung H, Federlin M, Friedl KH, Schmalz G. Bond strength of a new universal self-adhesive resin luting cement to dentin and enamel. *Clin Oral Investig* 2005; 9(3): 161–167.

Aguiar TR, Di Francescantonio M, Ambrosano GM, Giannini M. Effect of curing mode on bond strength of self-adhesive resin luting cements to dentin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2010; 93(1): 122–127.

Al-Assaf K, Chakmakchi M, Palaghias G, Karanika-Kouma A, Eliades G. Interfacial characteristics of adhesive luting resins and composites with dentine. *Dent Mater* 2007; 23(7): 829–839.

Amaral FL, Colucci V, Palma-Dibb RG, Corona SA. Assessment of in vitro methods used to promote adhesive interface degradation: a critical review. *J Esthet Restor Dent* 2007; 19(6): 340–353.

Anusavice Kenet J. *Phillips' Science of Dental Materials*. 11th Ed, Chine: Elsevier, 2003.

Aoki A, Ishikawa I, Yamada T, Otsuki M, Watanabe H, Tagami J, Ando Y, Yamamoto H J. Comparison between Er:YAG laser and conventional technique for root caries treatment in vitro. *Dent Res* 1998; 77(6): 1404-1414.

Armstrong S, Geraldeli S, Maia R, Raposo LH, Soares CJ, Yamagawa J. Adhesion to tooth structure: a critical review of "micro" bond strength test methods. *Dent Mater* 2010; 26 (2): 50-62.

Arrais CA, Giannini M, Rueggeberg FA, Pashley DH. Effect of curing mode on microtensile bond strength to dentin of two dual-cured adhesive systems in combination with resin luting cements for indirect restorations. *Oper Dent* 2007; 32(1): 37–44.

Attar N, Tam LE, McComb D. Mechanical and physical properties of contemporary dental luting agents. *J Prosthet Dent* 2003; 89(2): 127–134.

Behr M, Hansmann M, Rosentritt M, Handel G. Marginal adaptation of three self-adhesive resin cements vs. a well-tried adhesive luting agent. *Clin Oral Investig* 2009; 13(4): 459–464

Behr M, Rosentritt M, Regnet T, Lang R, Handel G. Marginal adaptation in dentin of a self-adhesive universal resin cement compared with well-tried systems. *Dent Mater* 2004; 20(2): 191–197.

Behr M, Rosentritt M, Wimmer J, Lang R, Kolbeck C, Bürgers R, Handel G. Self-adhesive resin cement versus zinc phosphate luting material: a prospective clinical trial begun 2003. *Dent Mater* 2009; 25 (5): 601-604.

Belli R, Pelka M, Petschelt A, Lohbauer U. In vitro wear gap formation of self-adhesive resin cements: a CLSM evaluation. *J Dent* 2009; 37(12): 984–993.

Blatz MB, Phark JH, Ozer F, Mante FK, Saleh N, Bergler M, Sadan A. In vitro comparative bond strength of contemporary self-adhesive resin cements to zirconium oxide ceramic with and without air-particle abrasion. *Clin Oral Investig* 2010; 14(2): 187–192.

Burke FJ, Crisp RJ, Richter B. A practice-based evaluation of the handling of a new self-adhesive universal resin luting material. *Int Dent J* 2006; 56 (3): 142-146.

Camilotti V, Grullón PG, Mendonça MJ, D'Alpino PH, Gomes JC. Influence of different light curing units on the bond strength of indirect resin composite restorations. *Braz Oral Res* 2008; 22(2): 164–169.

Cantoro A, Goracci C, Carvalho CA, Coniglio I, Ferrari M. Bonding potential of self-adhesive luting agents used at different temperatures to lute composite onlays. *J Dent* 2009; 37(6): 454–461.

Cantoro A, Goracci C, Papacchini F, Mazzitelli C, Fadda GM, Ferrari M. Effect of pre-cure temperature on the bonding potential of self-etch and self-adhesive resin cements. *Dent Mater* 2008; 24 (5): 577-583.

Capa N, Aykor A, Ozel E, Calikkocaoglu S, Soyman M. Effect of Er:YAG Laser Irradiations on Shear Bond Strength of Three Self-Adhesive Resin Cements to Dentin. *Photomed Laser Surg* 2010 May 22. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20491574> (Erişim tarihi: 28.08.2010)

Caughman WF, Chan DC, Rueggeberg FA. Curing potential of dual-polymerizable resin cements in simulated clinical situations. *J Prosthet Dent* 2001;86(1): 101-106.

Cenci M, Demarco F, de Carvalho R. Class II composite resin restorations with two polymerization techniques: relationship between microtensile bond strength and marginal leakage. *J Dent* 2005; 33(7): 603–610.

Chadwick RG, Mason AG and Sharp W. Attempted evaluation of three porcelain repair systems. What are we really testing, *J Oral Rehabil* 1998; 25: 610-615.

Chaves CAL, de Melo RM, Passos SP, Camargo FP, Bottino MA, Balducci I. Bond strength durability of self-etching adhesives and resin cements to dentin. *J Appl Oral Sci* 2009; 17(3): 155–160.

Christensen GJ. Should resin cements be used for every cementation? *J Am Dent Assoc.* 2007; 138(6): 817–819.

Chung CW, Yiu CK, King NM, Hiraishi N, Tay FR. Effect of saliva contamination on bond strength of resin luting cements to dentin. *J Dent* 2009; 37(12): 923–931.

Craig G. Robert. *Restorative Dental Materials*. 10th Ed. St Louis: Mosby, 1997.
De Andrade OS, de Goes MF, Montes MA. Marginal adaptation and microtensile bond strength of composite indirect restorations bonded to dentin treated with adhesive and low-viscosity composite. *Dent Mater* 2007;23(3): 279-287.

De la Macorra JC, Pradiés G. Conventional and adhesive luting cements. *Clin Oral Investig* 2002; 6(4): 198–204.

De Menezes MJ, Arrais CA, Giannini M. Influence of light-activated and auto- and dual-polymerizing adhesive systems on bond strength of indirect composite resin to dentin. *J Prosthet Dent* 2006; 96(2): 115–121.

De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, Van Meerbeek B. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res* 2005; 84 (2): 118-132.

De Munck J, Vargas M, Van Landuyt K, Hikita K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dent Mater* 2004; 20(10): 963–971.

Dong CCS. Dentin Bonding Factors Involved in Resin Luting. *Master of Science Graduate Department of Dentistry University of Toronto Yüksek lisans tezi* 2001.

Duarte S Jr, Botta AC, Meire M, Sadan A. Microtensile bond strengths and scanning electron microscopic evaluation of self-adhesive and self-etch resin cements to intact and etched enamel. *J Prosthet Dent* 2008;100(3): 203-210.

Dundar B, Guzel KG An analysis of the shear strength of the bond between enamel and porcelain laminate veneers with different etching systems: acid and Er,Cr:YSGG laser separately and combined. *Lasers Med Sci* 2010 Aug 21. <http://www.springerlink.com/content/46j4r7278x43u56g/> (Erişim tarihi 19.07.2010)

Eisenburger M, Addy M, Rossbach A. Acidic solubility of luting cements. *J Dent* 2003; 31(2): 137–142

El-Guindy J, Selim M, El-Agroudi M. Alternative pretreatment modalities with a self-adhesive system to promote dentin/alloy shear bond strength. *J Prosthodont* 2010; 19 (3): 205-211.

Endo T, Osada T, Finger WJ, Hoffmann M, Kanehira M, Komatsu M. Effect of oxygen inhibition of self-etching adhesives on enamel-dentin polymer bond. *J Adhes Dent* 2007;9(1): 33-38.

Endo T, Osada T, Finger WJ, Hoffmann M, Kanehira M, Komatsu M. Effect of oxygen inhibition of self-etching adhesives on enamel-dentin polymer bond. *J Adhes Dent* 2007;9(1): 33-38.

Erhardt MC, Toledano M, Osorio R, Pimenta LA. Histomorphologic characterization and bond strength evaluation of caries-affected dentin/resin interfaces: effects of long-term water exposure. *Dent Mater* 2008; 24(6): 786–798.

Filho AM, Vieira LCC, Araujo E and Junior SM. Effect of different ceramicsurface treatments on resin microtensile bond strength. *J Prosthodont* 2004; 13(1): 28-35.

Fiori-Júnior M, Matsumoto W, Silva RA, Porto-Neto ST, Silva JM. Effect of temporary cements on the shear bond strength of luting cements. *J Appl Oral Sci* 2010; 18(1): 30–36.

Frankenberger R, Sindel J, Krämer N, Petschelt A. Dentin bond strength and marginal adaptation: direct composite resins vs ceramic inlays. *Oper Dent* 1999;24(3): 147-155.

Fu B, Sun X, Qian W, Shen Y, Chen R, Hannig M. Evidence of chemical bonding to hydroxyapatite by phosphoric acid esters. *Biomaterials* 2005; 26 (25): 5104-5110.

Fukegawa D, Hayakawa S, Yoshida Y, Suzuki K, Osaka A, Van Meerbeek B. Chemical interaction of phosphoric acid ester with hydroxyapatite. *J Dent Res* 2006; 85 (10): 941-944.

Furukawa K, Inai N, Tagami J. The effects of luting resin bond to dentin on the strength of dentin supported by indirect resin composite. *Dent Mater* 2002; 18(2): 136–142.

Gerdolle DA, Mortier E, Loos-Ayav C, Jacquot B, Panighi MM. In vitro evaluation of microleakage of indirect composite inlays cemented with four luting agents. *J Prosthet Dent* 2005; 93(6): 563–570.

Goracci C, Cury AH, Cantoro A, Papacchini F, Tay FR, Ferrari M. Microtensile bond strength and interfacial properties of self-etching and self-adhesive resin cements used to lute composite onlays under different seating forces. *J Adhes Dent* 2006; 8(5): 327–335.

Guzmán-Ruiz S, Armstrong SR, Cobb DS, Vargas MA. Association between microtensile bond strength and leakage in the indirect resin composite/dentin adhesively bonded joint. *J Dent* 2001; 29(2): 145–153.

Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T. Evaluation of physical properties and surface degradation of self-adhesive resin cements. *Dent Mater J* 2007; 26(6): 906–914.

Heintze SD. Crown pull-off test (crown retention test) to evaluate the bonding effectiveness of luting agents. *Dent Mater* 2010; 26(3): 193–206.

Hikita K, Van Meerbeek B, De Munck J, Ikeda T, Van Landuyt K, Maida T, Lambrechts P, Peumans M. Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentin. *Dent Mater* 2007; 23(1): 71–80.

Hill EE. Dental cements for definitive luting: a review and practical clinical considerations. *Dent Clin North Am* 2007; 51(3): 643–658.

Hiraishi N, Yiu CK, King NM, Tay FR. Effect of 2% chlorhexidine on dentin microtensile bond strengths and nanoleakage of luting cements. *J Dent* 2009; 37(6): 440–448.

Hofmann N, Papsthart G, Hugo B, Klaiber B. Comparison of photo-activation versus chemical or dual-curing of resin-based luting cements regarding flexural strength, modulus and surface hardness. *J Oral Rehabil* 2001;28(11): 1022-1028.

Holderegger C, Sailer I, Schuhmacher C, Schläpfer R, Hämmerle C, Fischer J. Shear bond strength of resin cements to human dentin. *Dent Mater* 2008; 24(7): 944–950.

Irie M, Suzuki K. Current luting cements: marginal gap formation of composite inlay and their mechanical properties. *Dent Mater* 2001; 17(4): 347–353.

Kameyama A, Oishi T, Sugawara T, Hirai Y. Microtensile bond strength of indirect resin composite to resin-coated dentin: interaction between diamond bur roughness and coating material. *Bull Tokyo Dent Coll* 2009; 50(1): 13–22.

Khoroushi M, Tavasoli M. The effect of trichloroacetic acid as a hemostatic and etching agent on the morphological characteristics and shear bond strength of resin composite to enamel. *Oper Dent* 2010;35(2): 187-193.

Li ZC, White SN. Mechanical properties of dental luting cements. *J Prosthet Dent* 1999; 81(5): 597-609.

Lin J, Shinya A, Gomi H, Shinya A. Bonding of self-adhesive resin cements to enamel using different surface treatments: bond strength and etching pattern evaluations. *Dent Mater J* 2010; 29 (4): 425-432.

Lührs AK, Guhr S, Günay H, Geurtsen W. Shear bond strength of self-adhesive resins compared to resin cements with etch and rinse adhesives to enamel and dentin in vitro. *Clin Oral Investig* 2010; 14(2): 193–199.

Mak YF, Lai SC, Cheung GS, Chan AW, Tay FR, Pashley DH. Micro-tensile bond testing of resin cements to dentin and an indirect resin composite. *Dent Mater* 2002; 18(8): 609–621.

Mazzitelli C, Monticelli F, Osorio R, Casucci A, Toledano M, Ferrari M. Effect of simulated pulpal pressure on self-adhesive cements bonding to dentin. *Dent Mater* 2008; 24(9): 1156–1163.

Mazzitelli C, Monticelli F, Toledano M, Ferrari M, Osorio R. Dentin treatment effects on the bonding performance of self-adhesive resin cements. *Eur J Oral Sci* 2010; 118(1): 80–86.

McComb D. Adhesive luting cements--classes, criteria, and usage. *Compend Contin Educ Dent* 1996; 17(8): 759–762.

Melo RM, Ozcan M, Barbosa SH, Galhano G, Amaral R, Bottino MA, Valandro LF. Bond strength of two resin cements on dentin using different cementation strategies. *J Esthet Restor Dent* 2010; 22(4): 262–268.

Monticelli F, Osorio R, Mazzitelli C, Ferrari M, Toledano M. Limited decalcification/diffusion of self-adhesive cements into dentin. *J Dent Res* 2008; 87(10): 974–979.

Mosznar N, Salz U, Zimmermann J. Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: a systematic review. *Dent Mater* 2005; 21 (10): 895-910.

Mota CS, Demarco FF, Camacho GB, Powers JM. Tensile bond strength of four resin luting agents bonded to bovine enamel and dentin. *J Prosthet Dent* 2003; 89(6): 558–564.

Nakamura T, Wakabayashi K, Kinuta S, Nishida H, Miyamae M, Yatani H. Mechanical properties of new self-adhesive resin-based cement. *J Prosthodont Res* 2010; 54(2): 59–64.

Nakazawa M. Color stability of indirect composite materials polymerized with different polymerization systems. *J Oral Sci* 2009; 51(2): 267–273.

Niu W, Eto JN, Kimura Y, Takeda FH, Matsumoto K. A study on microleakage after resin filling of Class V cavities prepared by Er:YAG laser. *J Clin Laser Med Surg* 1998;16(4): 227-231.

O'Brien William. *Dental Materials and Their Selection*. 3rd Ed. Canada: Quintessence, 2002.

Pegoraro TA, da Silva NR, Carvalho RM. Cements for use in esthetic dentistry. *Dent Clin North Am* 2007; 51(2): 453–471.

Perdigão J. Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater* 2010; 26(2): 24–37.

Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Self-adhesive resin cements: a literature review. *J Adhes Dent* 2008; 10(4): 251–258.

Ratnaweera PM, Fukagawa N, Tsubota Y, Fukushima S. Microtensile bond strength of porcelain laminate veneers bonded to fluorosed teeth. *J Prosthodont* 2009;18(3): 205-210.

Roberson Theodore M, Heyman Harald O, Swift Edward J. *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. 4th Ed. Elsevier, 2006.

Rocca GT, Krejci I. Bonded indirect restorations for posterior teeth: the luting appointment. *Quintessence Int* 2007; 38(7): 543–553.

Rosenstiel SF, Land MF, Crispin BJ. Dental luting agents: A review of the current literature. *J Prosthet Dent* 1998; 80(3): 280–301.

Rosenstiel, Land, Fujimoto. *Contemporary Fixed Prosthodontics*. 4th Ed., China: Elsevier, 2006.

Rosentritt M, Behr M, Lang R, Handel G. Influence of cement type on the marginal adaptation of all-ceramic MOD inlays. *Dent Mater* 2004; 20 (5): 463-469.

Salz U, Mücke A, Zimmermann J, Tay FR, Pashley DH. pKa value and buffering capacity of acidic monomers commonly used in self-etching primers. *J Adhes Dent* 2006;8(3): 143-150.

Sano H. Microtensile testing, nanoleakage, and biodegradation of resin-dentin bonds. *J.Dent. Res* 2006; 85: 11-14.

Santos GC Jr, Santos MJ, Rizkalla AS. Adhesive cementation of etchable ceramic esthetic restorations. *J Can Dent Assoc* 2009; 75(5): 379–384.

Santos-Daroz CB, Oliveira MT, Góes MF, Nikaido T, Tagami J, Giannini M. Bond strength of a resin cement to dentin using the resin coating technique. *Braz Oral Res* 2008; 22(3): 198–230.

Sarac D, Sarac YS, Kulunk S, Kulunk T. Effect of the dentin cleansing techniques on dentin wetting and on the bond strength of a resin luting agent. *J Prosthet Dent* 2005; 94(4): 363–369.

Sarr M, Mine A, De Munck J, Cardoso MV, Kane AW, Vreven J, Van Meerbeek B, Van Landuyt KL. Immediate bonding effectiveness of contemporary composite cements to dentin. *Clin Oral Investig* 2009 Aug 25. <http://www.springerlink.com/content/9065120g6434nk72/> (Erişim tarihi: 13.07.2010)

Soares CJ, Celiberto L, Dechichi P, Fonseca RB, Martins LR. Marginal integrity and microleakage of direct and indirect composite inlays: SEM and stereomicroscopic evaluation. *Braz Oral Res* 2005;19(4): 295–301.

SPSS Inc. SPSS for Windows. Version 11.00, Chicago, 2007.

Summit James B., J. Robbins William, Schwartz Richard S. *Fundamentals of Operative Dentistry*. 2nd Ed., Singapore: Quintessence Publishing Co., 2000.

Takahashi R, Nikaido T, Ariyoshi M, Foxton RM, Tagami J. Microtensile bond strengths of a dual-cure resin cement to dentin resin-coated with an all-in-one adhesive system using two curing modes. *Dent Mater J* 2010; 29(3): 268–276.

Tyas MJ, Burrow MF. Adhesive restorative materials: a review. *Aust Dent J* 2004; 49(3): 112–121.

Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, Coutinho E, Suzuki K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials* 2007; 28 (26): 3757-3785.

Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003; 28 (3): 215-235.

Van Meerbeek B, Van Landuyt K, De Munck J, Hashimoto M, Peumans M, Lambrechts P, Yoshida Y, Inoue S, Suzuki K. Technique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dent Mater J* 2005; 24 (1): 1-13.

Vaught RL. Mechanical versus chemical retention for restoring complex restorations: what is the evidence? *J Dent Educ* 2007 Oct; 71(10): 1356–1362.

Viotti RG, Kasaz A, Pena CE, Alexandre RS, Arrais CA, Reis AF. Microtensile bond strength of new self-adhesive luting agents and conventional multistep systems. *J Prosthet Dent* 2009; 102(5): 306–312.

Visuri SR, Walsh JT Jr, Wigdor HA. Erbium laser ablation of dental hard tissue: effect of water cooling. *Laser Surg Med* 18: 294-300.

Wang Y, Spencer P. Continuing etching of an all-in-one adhesive in wet dentin tubules. *J Dent Res* 2005;84(4): 350-354.

Wright GZ, McConnell RJ, Keller U. Microleakage of class V composite restorations prepared conventionally with those prepared with an Er:YAG laser: apilal study. *Ped Dent* 1993;15: 425-426.

Yang B, Ludwig K, Adelung R, Kern M. Micro-tensile bond strength of three luting resins to human regional dentin. *Dent Mater* 2006 Jan; 22(1): 45–56.

Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Snauwaert J, Hellemans L, Lambrechts P, Vanherle G, Wakasa K. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *J Dent Res* 2000; 79(2): 709–714.

Zohairy A., Feilzer A. J. Bonding in Prosthodontics with Cements. *Dental hard tissues and bonding: interfacial phenomena and related properties*. Gabrielle Schlöder, Eds. Berlin:Springerlink, 2005: p. 155-170.

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Antalya’da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Barbaros İlkokulu, Faruk Tugayoğlu Ortaokulu ve Antalya Merkez Gazi Lisesi’nde yaptım. Üniversite öğrenimimi 1995-2000 yılları arasında Süleyman Demirel Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi’nde tamamladım. 2003 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı’nda doktora başladım. Halen aynı Anabilim Dalı’nda araştırma görevlisi olarak görev yapmaktayım.

Evli ve bir çocuk babasıyım.