

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**BULK FİLLERİN KULLANILAN FARKLI TİP ADEZİV SİSTEMLERİNİN
BAĞLANMA DAYANIMINA ETKİSİ**

UZMANLIK TEZİ

Dt. Burcu Oğlakçı

Ankara, 2017



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**BULK FILL KOMPOZİT REZİNLERİN TAMİRİNDE
KULLANILAN FARKLI TİP ADEZİV SİSTEMLERİN
BAĞLANMA DAYANIMINA ETKİSİ**

UZMANLIK TEZİ

Dt. Burcu Oğlakçı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Neslihan Arhun

Ankara, 2017



UZMANLIK TEZ SAVUNMASI

Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Uzmanlık Programı çerçevesinde **Dt. Burcu OĞLAKÇI** tarafından yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 18/04/2017

Tez Konusu: Bulk Fill Kompozit Rezinlerin Tamirinde Kullanılan Farklı Tip Adeziv Sistemlerin Bağlanma Dayanımına Etkisi

TEZ DANIŞMANI : Prof. Dr. Neslihan ARHUN

TEZ JÜRİSİ ÜYELERİ :

Öğretim Üyesinin Adı	Görevli Olduğu Kurum	İmza
Prof. Dr. Dr. Neslihan ARHUN	Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi A.D.	
Prof. Dr. Ayşe Rüya YAZICI	Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi A.D.	
Doç. Dr. Duygu TUNCER	Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi A.D.	

ONAY:

Bu tez, Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu'nun 02/03/2017 tarih ve 94603339/604.01.02/8130 sayılı yazı ile kabul edilmiştir.

Başkent Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimimde ve bu tezin oluşturulmasında çok büyük emekleri olan, desteğini her zaman yanımda hissettiğim ve kendime örnek aldığım danışman hocam Prof. Dr. Neslihan Arhun'a

Uzmanlık eğitimim süresince bilgilerini, emeklerini ve tecrübelerini benimle paylaşan, bir aile gibi her zaman yanımda olan, hayatım boyunca kendime örnek alacağım hocalarım Prof. Dr. Berrin Dayangaç, Prof. Dr. Çiğdem Çelik, Doç. Dr. Kıvanç Yamanel, Doç. Dr. Duygu Tuncer, Dt. Berçem Kalender'e,

Birlikte çalışmaktan büyük keyif aldığım asistan arkadaşlarım Dt. Zümrüt Ceren Salman ve Dt. Begüm Berkmen'e,

Her anımda yanımda olan kardeşten de öte can arkadaşlarım Dt. Halil Bakic, Dt. Alptuğ Kendirci, Dt. İlayda Hünler, Stj. Dt. Hikmet Kaan Kırıcı'ya,

Hayatım boyunca bana her türlü sevgi ve desteği sunan çok sevgili annem ve babam Necla-Mustafa Oğlakçı'ya, biricik kardeşim Deniz Oğlakçı Erdoğan'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Dt. Burcu Oğlakçı, Bulk Fill Kompozit Rezinlerin Tamirinde Kullanılan Farklı Tip Adeziv Sistemlerin Bağlanma Dayanımına Etkisi, Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, 2017.

Kompozit rezin restorasyonlar mikrosızıntı, sekonder çürük, marjinal renklenme ve defektler, kırık, uygun olmayan kontür dolayısıyla başarısızlığa uğrarsa ya tamamen değiştirilmesi ya da tamir edilmesi gerekmektedir. Minimal girişimsel tedavi seçeneği olan tamir işlemi restorasyonda başarısızlığa uğrayan parçanın uzaklaştırılması ve üzerine yeni bir restoratif materyalin eklenmesidir. Öte yandan, ağız ortamına maruz kalan restorasyonlar zaman içerisinde üzerine yeni bir kompozit rezinin bağlanmasını zorlaştıracak şekilde degradasyona uğrar. Bu nedenle, araştırmacılar, eski ve yeni kompozit ara yüzeyinde etkili ve dayanıklı bir bağlanma sağlamaya odaklanmışlardır. Bu tez çalışmasının amacı, suni olarak yaşlandırılan bulk fill kompozit rezinlerin farklı tipe adeziv sistemler ve kompozit rezin kullanılarak, tamir bağlanma dayanımını araştırmak ve test sonrasında oluşan başarısızlık tipini incelemektir. Bu in vitro çalışmada, 135 adet kompozit rezin blok (Tetric EvoCeram Bulk Fill, Ivoclar) hazırlanmıştır ve termal siklus cihazında 5000 döngüye (5°C ve 55°C) tabi tutularak yaşlandırılmıştır. Deneysel grupların örnek yüzeyleri (koheziv grup hariç), elmas frez ile pürüzlendirilmiş ve 9 gruba ayrılmıştır (n=15): Grup A: Tetric N-Bond Universal+ Tetric EvoCeram Bulk Fill. Grup B: Fosforik asit+ Tetric N-Bond Universal+Tetric EvoCeram Bulk Fill. Grup C: Tetric N-Bond Universal+ Tetric EvoCeram Nanohibrit. Grup D: Fosforik asit+Tetric N-Bond Universal+ Tetric EvoCeram Nanohibrit. Grup E: Clearfil SE Bond (Kuraray)+ Tetric EvoCeram Bulk Fill. Grup F: Clearfil SE Bond+ Tetric EvoCeram Nanohibrit. Grup G: Fosforik asit+ Adper™ Single Bond (3M)+Tetric EvoCeram Bulk Fill. Grup H: Fosforik asit+Adper™ Single Bond+ Tetric EvoCeram Nanohibrit. Grup I: Tetric EvoCeram Bulk Fill (koheziv kontrol grubu). Tamir prosedürleri sonrası, tüm örnekler tekrar termal siklus cihazında yeniden yaşlandırılmıştır. Makaslama bağlanma testi, 1mm/dk piston başlığı hızında universal test cihazı kullanılarak uygulanmıştır. Kırılan yüzeyler, stereomikroskop ile 10 kez büyütme altında incelenmiştir. Tüm grupların makaslama bağlanma değerleri,

iki yönlü varyans analizi ve Bonferroni testleri kullanılarak istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Elde ettiğimiz bulgular ışığında, Grup E en yüksek makaslama bağlanma değeri (27.04 ± 4.93 MPa) gösterirken; Grup H (18.74 ± 6.40 MPa) en düşük makaslama bağlanma değerleri göstermektedir. Grup H ve Grup B (25.86 ± 5.73 MPa) ($p = 0.040$) ve Grup E ve Grup H ($p = 0.007$) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark mevcuttur. Sonuç olarak, bulk fill rezin kompozitler hem kendisiyle hem de nanohibrit kompozit rezinlerle kullanılan adeziv sistem tipinden bağımsız olarak kendi koheziv dayanımına ulaşacak kadar yüksek bağlanma dayanımı sonuçları göstererek başarı ile tamir edilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: kompozit tamiri, makaslama bağlanma dayanımı, bulk fill kompozit, adeziv, multi-mode adeziv.

Bu çalışma Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu tarafından onaylanmış (Proje no: D-DA17/02) ve Başkent Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenmiştir.

ABSTRACT

Dt. Burcu Oğlakçı, Effect of Different Adhesive Systems On Repair Bond Strength Of Bulkfill Composite Resin, Baskent University Faculty of Dentistry, Department of Restorative Dentistry, 2017.

When composite resin restorations fail due to microleakage, secondary caries, marginal staining and defects, fracture, inadequate contour, the treatment choice consists of either total replacement or repair of an existing restoration. Repair of composite restorations which is a minimally invasive option, is often accomplished by placing new composite over the old one. Therefore, the researchers have focused on the repair of resin composite restorations in order to establish efficient and durable interfacial bonds between fresh and aged restorations. Moreover, the oral environment could lead to degradation of restorations jeopardizing the reparability of resin composites. The aim of this thesis study was to compare the effect of different adhesive systems on the repair bond strength of aged bulkfill composite resin and investigate the failure patterns. In this in vitro study, 135 composite resin blocks (Tetric EvoCeram Bulk Fill, Ivoclar) were fabricated and then thermocycled for 5000 cycles (5°C-55°C). All specimens were surface roughened by diamond bur (except cohesive group) and divided into 9 groups (n=15): Group A: Tetric N-Bond Universal+Tetric EvoCeram Bulk Fill. Group B: Phosphoric acid etching+Tetric N-Bond Universal+Tetric EvoCeram Bulk Fill. Group C: Tetric N-Bond Universal+Tetric EvoCeram Nanohybrid. Group D: Phosphoric acid etching+Tetric N-Bond Universal+Tetric EvoCeram Nanohybrid. Group E: Clearfil SE Bond (Kuraray)+Tetric EvoCeram Bulk Fill. Group F: Clearfil SE Bond+Tetric EvoCeram Nanohybrid. Group G: Phosphoric acid etching+Adper™ Single Bond (3M)+Tetric EvoCeram Bulk Fill. Group H: Phosphoric acid etching+Adper™ Single Bond+Tetric EvoCeram Nanohybrid. Group I: Tetric EvoCeram Bulk Fill (cohesive control group). After repair procedure, all specimens were thermocycled again. Shear bond strength (SBS) test was accomplished with a universal test machine at a crosshead speed of 1 mm/min. Debonded surfaces were observed with a stereomicroscope under 10x magnification to determine mode of failure of samples. SBS data of all groups was statistically analyzed by two way

variance analysis and Bonferroni test. The results revealed that Group E showed the highest SBS values (27.04 ± 4.93) while Group H (18.74 ± 6.40), showed the lowest values. There were statistically significant differences between Group H and Group B (25.86 ± 5.73) ($p = 0.040$) and Group E and Group H ($p = 0.007$). In conclusion, regardless of adhesive systems, the specimens were successfully repaired with both bulk fill composite resins or nanohybrid composite resins exhibiting similar material's cohesive bond strength.

Keywords: composite repair, shear bond strength, bulkfill composite, adhesive, multi-mode adhesive.



İÇİNDEKİLER TABLOSU

TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	viii
İÇİNDEKİLER TABLOSU.....	x
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
TABLOLAR DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Kompozit Rezinler.....	4
2.1.1. Kompozit rezinlerin yapısı.....	4
2.1.2. Kompozit rezinlerin sınıflandırılması	6
2.1.3. Bulk fill kompozit rezinler.....	15
2.2. Adeziv Sistemler.....	16
2.2.1. Adezyon	16
2.2.2. Diş hekimliğinde adezyon.....	17
2.2.3. Etch&rinse adeziv sistemler	21
2.2.4. Self-etch adeziv sistemler	22
2.2.5. Cam iyonomer adeziv sistemleri.....	25
2.3. Kompozit Rezin Tamiri	25
2.3.1. Başarısızlığa uğramış restorasyonlarda tedavi seçenekleri.....	26
2.3.2. Klinik endikasyonlar	27
2.3.3. Tamir kontrendikasyonları.....	29
2.3.4. Kompozit Rezinlerin Tamirinde Kullanılan Yüzey Hazırlama Protokolleri	30
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	35
3.1. Örneklerin Hazırlanması.....	35
3.2. Örneklerin Akrilik Bloklara Gömülmesi	38
3.3. Deney Grubu Örneklerinin Yüzey Hazırlığı.....	41
3.4. Tamir Materyalinin Restorasyon Materyaline Bağlanması	42

3.5. Örneklerin Makaslama Bağlanma Dayanım Değerlerinin Universal Test Cihazında Ölçülmesi.....	48
3.6. Örneklerin Kırılma Yüzeylerinin İncelenmesi.....	50
3.7. İstatistiksel Analiz.....	51
4. BULGULAR.....	52
4.1. Makaslama Bağlanma Dayanım Değerleri	52
4.2. Kırılan Örneklerin Başarısızlık Analizi	54
5. TARTIŞMA	59
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	74
7. KAYNAKLAR.....	75



KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

mm: Milimetre

Bis-GMA: Bisfenol Glisidil Metakrilat

UDMA: Üreten Dimetakrilat

TEG-DMA: Trietilen Glikol Dimetakrilat

EDMA: Etilen Glikol Dimetakrilat

MMA: Metil Metakrilat

Bis-EMA-bisfenol A: Bisfenol A Etoksi Dimetakrilat

Lucirin-TPO: Trimetil Benzoil Fosfin Oksit

BHT: Butil Hidroksi Toluen

μm : Mikrometre

nm : Nanometre

PPD: 1-Fenil-1,2-Propandion

HEMA : 2-Hidroksi Etil Metakrilat

KYG: Kritik Yüzey Gerilimi

$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$: Hidroksiapatit

dyne/cm: Dyne Bölü Santimetre

10-MDP: 10- Metakriloiloksidetil Dihidrojen Fosfat

pH : Power of Hydrogen

Er,Cr:YSGG: Erbium, Chromium: Yttrium-Scandium-Gallium-Garnet

Er:YAG: Erbium: Yttrium-Aluminium-Garnet

Al_2O_3 : Alüminyum Oksit

LED: Işık Yayan Diyot

mW/cm²: Miliwatt Bölü Santimetre Kare

sn: Saniye

⁰C : Santigrat Derece

mm/dk: Milimetre Bölü Dakika

N : Newton

MPa : Megapaskal

A: Bağlanma Alanı

r: Yarıçap

π = Pi Sayısı

mm²: Milimetre Kare

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.2.1.Doldurucu partikül boyutlarına göre kompozitlerin kronolojik gelişimi.7	
Şekil 2.2.1.1. Değim açısı. Dar değim açısı (A), geniş değim açısı (B) .	17
Şekil 3.1.1. Restoratif materyal olarak kullanılan kompozit rezin.	37
Şekil 3.1.2. Plastik kalıplar. (a): 5mm çapta, 8mm yükseklikte. (b): 5mm çapta, 4mm yükseklikte. (c): 3mm çapta 4mm yükseklikte.	37
Şekil 3.1.3. Elde edilen örnekler.	38
Şekil 3.2.1. Silikon ölçü modeli.	38
Şekil. 3.2.2. Deney grubu örnekleri üst yüzeyi açıkta kalacak şekilde gömülmüştür	39
Şekil 3.2.3. Koheziv grup örneği.	39
Şekil 3.2.4. Cilalama diskleri.	40
Şekil 3.2.5. Bitirme ve parlatma işlemi uygulanmış deney örnekleri.	40
Şekil 3.2.6. Termal siklus cihazı.	41
Şekil 3.3.1. Yüzey aşındırmasında kullanılan kalın grenli elmas fissur frez (a) ve örnek yüzeylerinin elmas frez ile aşındırılması (b).	42
Şekil 3.3.2. Frezle aşındırılan örnekler.	42
Şekil 3.4.1. Tamir işlemi için kullanılan adeziv sistemler. Yeni nesil tek aşamalı tek aşamalı self-etch sistem (a), iki aşamalı self-etch adeziv sistem (b), etch&rinse adeziv sistem (c), fosforik asit ajanı (d).	44
Şekil 3.4.2. Tamir işlemi için kullanılan kompozit rezinler. Bulk fill kompozit rezin (a), nanohibrit kompozit rezin (b).	44
Şekil 3.4.3. LED ışık cihazı.	46
Şekil 3.4.4. Örneğin asit ile pürüzlendirilmesi (a)ve asitle pürüzlendirme sonrası(b)	46
Şekil 3.4.5. Adeziv sistem uygulanmış örnek.	47
Şekil 3.4.6. Tamir restorasyonun örnek yüzeyine bağlanması.	47
Şekil 3.5.1. Universal test cihazı.	49
Şekil 3.5.2. Cihaz ucunun önceden yuvarlatılmış akril taraftan örneğe yaklaşması..	49
Şekil 3.5.3. Cihaz ucunun örneğe kuvvet uygulanması.	50
Şekil 3.6.1.Stereomikroskop.	51

Şekil 4.1.1. Bulk fill kompozit rezinler ve nanohibrit kompozit rezinler tamir materyali olarak kullanıldığında, adeziv sistemlere göre ortalama makaslama bağlanma dayanımları ve standart sapmaları (MPa).	54
Şekil 4.2.1. Kırılan örneklerin başarısızlık tip karşılaştırmaları.	55
Şekil 4.2.2. Restoratif materyalde karma başarısızlık. Üst parça (a), alt parça (b)....	57
Şekil 4.2.3. Restoratif materyalde koheziv başarısızlık. Üst parça (a), alt parça (b) ..	57
Şekil 4.2.4. Tamir materyalinde karma başarısızlık. Üst parça (a), alt parça (b).	57
Şekil 4.2.5. Tamir materyalinde koheziv başarısızlık. Üst parça (a), alt parça (b)....	58
Şekil 4.2.6. Adeziv başarısızlık. Üst parça (a), alt parça (b).....	58



TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1.2.1. Kompozit rezinlerin doldurucu partiküllerine göre sınıflandırılması...	7
Tablo 2.2.2.2.1. Adeziv sistemlerin diş dokularına bağlanmasındaki güncel stratejiler	21
Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan tüm materyallerin ismi, seri numarası, kompozisyonu görölmektedir.....	36
Tablo 3.4.1. Örnek restorasyon grupları.....	43
Tablo 4.1.1. Çalışma gruplarının tamir bağlanma dayanımlarının MPa cinsinden standart sapmaları ve ortalama değerleri.....	52
Tablo 4.2.1. Kırılan örneklerin, stereomikroskop altında tespit edilen başarısızlık tip dağılımları.....	55

1. GİRİŞ

Kompozit rezin restorasyonlar, toplumda artan civa toksitesi endişesi, teknoloji ile paralel olarak gelişen estetik ve fiziksel özellikleri ile hem hekimlerin hem de hastaların ilk tercihleri olmuştur (1–4). Operatif Dişhekimliği Akademisi Avrupa Bölümü (AODES) uygun özellik ve içeriğe sahip kompozit rezinleri posterior dişlerde uygulanan direkt minimal girişimlerde tercih edilmesi gereken restoratif materyal olarak kabul ederken, bu materyallerin yapısal özelliklerinin hala yetersiz olduğunu da vurgulamaktadır (5).

Kompozit rezin bir restorasyonun ömrü, ortalama 7 olmak üzere 6 ile 10 yıl arasında değişmektedir (6–8). Mevcut kompozit rezin restorasyonlar sekonder çürük, kırık, uygun olmayan kontür veya renk değişimi, yorgunluk ve aşınmaya bağlı başarısızlığa uğrarsa ya tamamen değiştirilir ya da sadece defektli kısmı çıkartılarak tamir edilir (9,10). Restorasyonun tamamen değiştirilmesi; kavite boyutunun artması, pulpanın travmatize edilme riski, sağlam dokunun uzaklaştırılması, işlem maliyetinin yüksek olması gibi dezavantajlara sahiptir (9,11). Yapılacak yeni kompozit rezin restorasyon ömrünün de kısıtlı olacağı göz önünde bulundurulursa restore edilecek dişin tekrarlayan “restorasyon döngüsünü” geciktirmek bir avantaj olacaktır (12). Bu nedenle, minimal girişim felsefesi çerçevesinde daha konservatif bir işlem olan restorasyonun tamir edilmesi tercih edilmektedir (13).

Restorasyon tamiri, eski restorasyonda başarısızlığa uğrayan parçanın uzaklaştırılması ve yüzeye yeni kompozitin yerleştirilmesi ile yapılan minimal invaziv bir tedavidir (9,14). Inkremental teknikle uygulanan kompozit rezin tabakaları yüzeyde bulunan polimerize olmamış oksijen inhibisyon tabakasının varlığı ile bağlanmaktadır (11). Ancak, kompozit rezin restorasyonlar ağız ortamına maruz kaldıktan sonra enzimler ile biyodegradasyona uğrarlar. Böylece, bu polimerize olmamış film tabaka yüzeyden uzaklaşır ve doygun olmayan karbon-karbon çift bağları azalır (10,11). Ayrıca, eski kompozitte yer alan polimerizasyon sonrası oluşan çift bağa sahip reaktif metakrilat grupları nedeniyle tamir işlemi ile adezyon güçleşmektedir (9,10). Mevcut kompozit rezin restorasyonların ağız ortamında yaşlanmasına bağlı bu durumlar, tamir bağlanma dayanımını olumsuz etkilemektedir (15).

İnkremental tekniğin; uygulama süresinin uzun olması, kompozit tabakaları arasında boşluk ya da kontaminasyon oluşma riski, küçük kavitelere uygulanma zorluğu gibi birçok dezavantajı mevcuttur (16,17). Bu kısıtlamaları gidermek için “bulk fill” kompozit rezinler geliştirilmiştir. Bu materyaller, 4 mm kalınlığa kadar ışıkla polimerize edilebilmekte, daha düşük polimerizasyon stresine sebep olmakta ve daha yüksek ışık iletimi sağlamaktadır (16).

Bulk fill kompozit rezinler, viskozitelerine göre “yüksek” ve “düşük” olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır. Yüksek viskoziteye sahip bulk fill kompozit rezinler, akışkan olanlara kıyasla daha fazla miktarda inorganik doldurucu içermektedir. Düşük viskoziteye sahip olanlar ise kavite duvarlarına daha iyi adaptasyon sağlamaktadır. Bununla birlikte, bu materyaller daha fazla polimerizasyon büzülmesine uğramakta ve daha düşük mekanik özellikler göstermektedir. Zayıf fiziksel özellikleri nedeniyle, 2 milimetre (mm) kalınlığında yüksek viskoziteye sahip bir kompozit rezin ile okluzal stres alanları örtülmelidir (16).

Kompozit rezin restorasyonların tamir tedavisinin etkinliğinin, tamir edilecek mevcut kompozit rezin yapısına bağlı olduğu bildirilmiş ve benzer yapıda kompozit rezinlerle tamir edilmesi gerektiği savunulmuştur. Ancak hekimler çoğu zaman tamir tedavisi uygulayacakları restorasyonun daha önce hangi tip kompozit rezinle yapıldığını bilmemektedirler (18–20).

Son yıllarda, universal veya multi-mode sistemler olarak da bilinen yeni tek aşamalı self-etch adeziv sistemler piyasaya sürülmüştür. Hekimlere, uygulayacakları dişin özelliklerine ve endikasyonlarına göre adeziv stratejisi seçme şansı tanımaktadır: Etch&rinse, self-etch ve selektif etch tekniği ile uygulanabilmektedir. Bu yaklaşım ile minere etch&rinse tekniğinin sağladığı avantajları ve dentinde basitleştirilmiş self-etch tekniğinin apatit kristallerindeki ek kimyasal bağlanmasını birleştirilmektedir (21,22).

Literatürde kompozit rezin restorasyonların tamiri ile ilgili in vivo ve in vitro birçok çalışma bulunmasına rağmen, kompozit rezin restorasyonların tamirinde önerilecek evrensel olarak kabul edilmiş, altın standart bir yöntem mevcut değildir (9,18). Bu çalışmalarda tamir bağlanma kuvvetini geliştirmek için uygulanan çok sayıda yüzey hazırlama protokolü incelenmiştir (10,23,24). Uygun tamir teknikleri sayesinde restorasyonun ömrünün uzatıldığı ispatlanmıştır (25–27). Ancak bulk fill

kompozit rezinlerin tamiri ile ilgili çalışmalar kısıtlıdır. Bu nedenle, bu tez çalışmasının amacı suni olarak yaşlandırılan bulk fill kompozit rezinlerin farklı tipte adeziv sistem ve kompozit rezinler kullanılarak tamir makaslama bağlanma dayanımını araştırmak ve başarısızlık sonrasında oluşan kırık tipini incelemektir.

Bu tez çalışmasının test edilen hipotezi, suni olarak yaşlandırılan bulk fill kompozit rezinlerin tamirinde kullanılan farklı tipte adeziv sistemlerin tamir makaslama bağlanma dayanımı üzerine etkili olduğu yönündedir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kompozit Rezinler

“Kompozit” kelime olarak birbiri içinde çözünmeyen ve kimyasal olarak farklı en az iki maddenin karışımı anlamına gelmektedir (28). Diş hekimliğinde ise kompozit rezinler silikat siman ve akrilik rezinlere alternatif olarak 1940’larda geliştirilmiştir (4,29).

2.1.1. Kompozit rezinlerin yapısı

Kompozit rezinler 3 ana fazdan oluşmaktadır:

- Organik matriks (polimer matriks)
- İnorganik faz (doldurucu faz)
- Ara faz (bağlayıcı, silan) (30,31).

Organik matriks

Organik matriks yapı içerisinde temel monomerler, fotobaşlatıcılar, polimerizasyon hızlandırıcılar, polimerizasyon inhibitörleri, ultraviyole stabilizatörleri ve pigmentler yer almaktadır (32,33). Polimer zincirleri ve çapraz bağlar bu yapıyı oluşturmada önemli rol oynamaktadır (34). Bisfenol glisidil metakrilat (BIS-GMA) ve üreten dimetakrilat (UDMA) en sık kullanılan monomerlerdir (35,36).

BIS-GMA, bisfenol A ile glisidil metakrilatın biraraya gelmesi ile meydana gelen çift foksionlu monomerdir. UDMA ise aynı tipte çift fonksiyonlu monomerdir. Renklenmeye karşı materyalin direnç göstermesini ve adezyonu sağlamaktadır. Bu iki monomer de visköz yapıdadır (30,32).

Ancak, visköziteyi azaltmak amacıyla seyreltici monomerler olan trietilen glikol dimetakrilat (TEG-DMA), etilen glikol dimetakrilat (EDMA), metilmetakrilat (MMA), bisfenol A etoksi dimetakrilat (Bis-EMA-bisfenol A) matriks yapı içerisine eklenmiştir (32,37). Böylece, başlatıcıların, inhibitörlerin ve doldurucuların yapıya dahil edilmesi kolaylaşmaktadır. BisGMA ile ilişkide bulunan TEG-DMA bu amaçla en sık kullanılan monomerdir. Bu monomer düşük moleküler ağırlığa sahiptir ve esnekliği arttırmaktadır. Ancak yüksek hacimsel büzölmeye sahiptir. Bu nedenle,

dimetakrilat monomeri olan Bis-EMA, hacimsel büzülmeyi azaltmak için organik matriks içine eklenmiştir (30,32,37).

Kompozit rezinlerin yapısında yer alan, mavi ışığa duyarlı, polimerizasyon mekanizmasını başlatan ışık emici yapılara “fotobaşlatıcı” denilmektedir (32). En çok kullanılan fotobaşlatıcılar, kamforokinon veya trimetil benzoil fosfin oksit (Lucirin-TPO)’dur. Yeterli polimerizasyonu sağlamak adına bu ışığa duyarlı yapılar dışında, ko-başlatıcılara (etil benzoat) ve polimerizasyon hızlandırıcılara (tersiyer aminler) da ihtiyaç duyulmaktadır (38,39). Ancak, kamforokinonun sarı renginin renklenmeye neden olması gibi dezavantajları mevcuttur (32).

Kompozit rezinin saklanması süresince ısı, ışık ve diğer yollarla kendi kendine polimerizasyonunu önlemek amacıyla organik matriks yapı içerisine az miktarda butil hidroksitoluen (BHT) eklenmiştir. Bu, inhibitör olarak da bilinmektedir. Bu içerik sayesinde, kompozit rezinin raf ömrü uzamaktadır (32,40).

İnorganik faz

Kompozit rezinlerin çoğunluğu, büyük silika veya zirkonyum partiküllerine sahip mikro ve nano boyutta doldurucular içermektedir. Bu doldurucular, matriks yapı içerisine dağılmış, silikon türevi olan cam (borosilikat), kuartz (kristalin silika), kolloidal silika ve pirojenik silikon dioksitten oluşmaktadır (32,33).

Doldurucu partiküller üç yöntemle üretilmektedir: kuartz ve camın öğütülmesi (0.1-100 mikrometre) (μm), kolloidal silikanın çökeltilmesi ($\sim 0.04 \mu\text{m}$) ve silikon dioksitin kontrollü büyümesi (5 nanometre) (nm). Saf silika, kristalin (kuartz) ve non-kristalin (silikat cam) formundadır. Kristalin formu serttir fakat bitirme ve parlatma işlemini zorlaştırmaktadır. Bu yüzden, non-kristalin formu kullanılmaktadır. Kolloidal silika, partiküller arası boşlukları azaltmakta, doldurucu oranını arttırmakta ve kompozit rezinin mekanik özelliklerini geliştirmektedir (32,41).

Yapı içerisine, camların küçük partiküller oluşturmasını sağlayan aliminyum ve lityum; radyopasite sağlayan baryum, çinko, bor, yitrium gibi bazı iyonlar da eklenmiştir (30).

Günümüz kompozit rezinlerinde doldurucu partikülleri, materyalin ağırlıkça büyük miktarını oluşturmaktadır. Organik matrikse, polimerizasyon büzülmesi ve stresi azaltmak için eklenmiştir. Aynı zamanda matriks yapıyı güçlendirmektedir ve materyalin optik özelliklerini arttırmaktadır (34).

Kısacası, organik matriks içeriği, doldurucu miktarı ve partikül boyutu/morfolojisi kompozit rezinlerin fiziksel özelliklerini etkilemektedir. Bu nedenle, materyalin fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirmek için değişik boyutlardaki doldurucuların birarada kullanımı tavsiye edilmektedir (34,37,42).

Ara faz

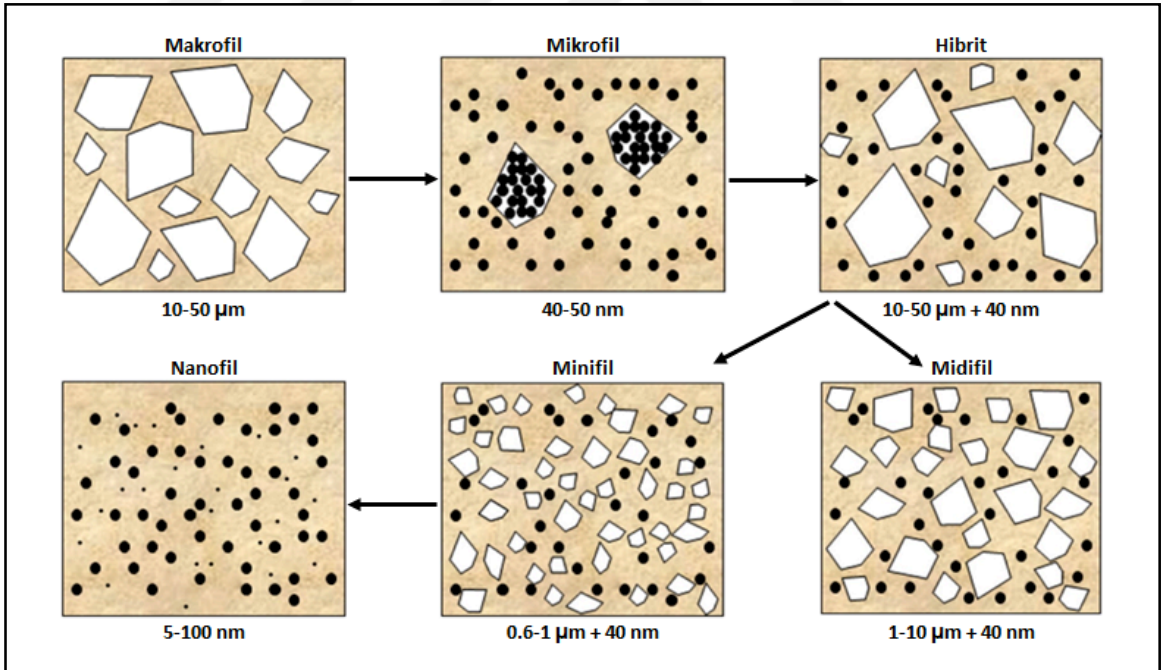
Ara faz, organik silisyum birleştiği olan silandan (bağlayıcı ajan) oluşmaktadır (32). Silan, inorganik doldurucu partiküllerini, organik rezin polimerlerine bağlamaktadır (33). Silanlar, iki fonksiyonlu moleküller olup bir taraftan silika partiküllerinin yüzeyindeki hidroksil grubuyla bağ kurarken, diğer taraftan organik matriksteki metakrilat gruplarıyla kovalent bağlar yapmaktadırlar (30,32). Silika partiküllerinin yüzeyi silan ajanları ile kaplanmıştır (32). Böylece, materyalin bütünlüğünü sağlayarak stres transferi düzenlenir ve zayıf olan organik matriksin mekanik özellikleri geliştirilir (33,34). Rezin-partikül ara yüzeyi boyunca su geçişini önlemektedir ve rezinin çözünürlüğünü azaltmaktadır (43).

2.1.2. Kompozit rezinlerin sınıflandırılması

Kompozit rezinler; polimerizasyon yöntemleri (ışıkla sertleşen, kendiliğinden sertleşen veya dual-cure), viskoziteleri (akışkan veya tepilebilir), organik matriks içerikleri (metil metakrilat, BIS-GMA veya siloran esaslı), inorganik doldurucu partikül boyutları, hacmi veya ağırlığına göre sınıflandırılabilir. Günümüzde ise sıklıkla inorganik doldurucu miktarına ve boyutuna göre sınıflandırılmaktadır. Bunlar; megafil, makrofil, midifil, minifil, mikrofil, nanofil ve hibrit kompozit rezinler şeklindedir (Tablo 2.1.2.1.) (Şekil 2.1.2.1.) (31,44).

Tablo 2.1.2.1. Kompozit rezinlerin doldurucu partiküllerine göre sınıflandırılması (31,32,44).

<i>Kompozit rezinler</i>	<i>İnorganik doldurucu partikül boyutu (μm)</i>	<i>İnorganik doldurucu partikül yüzdesi (%)</i>
megafil	50-100	70-80
makrofil	10-50	70-80
midifil	1-10	70-80
minifil	0.6-1	75-85
mikrofil	0.04-0.05	35-60
hibrit	10-50 + 0.04	75-85
nanofil	0.05-0.1	70-80



Şekil 2.1.2.1. Doldurucu partikül boyutlarına göre kompozitlerin kronolojik gelişimi (31).

Kompozit rezinlerin fiziksel ve estetik özellikleri, makrofileden mikrofile, hibritten mikrohibrite ilerleme göstermiştir. En sık kullanılan geleneksel kompozit

rezinler, hibrit ve mikrofil kompozit rezinlerdir. Ayrıca son yıllarda nanofil ve nanoseramik kompozit materyaller de piyasada yerini almıştır (45,46).

2.1.2.1. Doldurucu büyüklüğüne göre kompozit rezinler

Megafil kompozit rezinler

İnorganik doldurucu boyutu 50-100 µm olan okluzal temas alanlarına ve aşınma yüzeylerine uygulanan kompozit rezinlerdir. İnorganik doldurucu partikülü camdan meydana gelmektedir (32,44).

Makrofil ve midifil kompozit rezinler

Makrofil kompozit rezinler, inorganik doldurucu partikülleri kuartz veya camdan meydana gelen güçlü materyallerdir. İnorganik doldurucu boyutu, 10-50 µm'dur ve ağırlıkça %70-80 civarındadır (31,32). Materyalin partikül boyutunun büyük olması, sertliği ve yüksek elastisite modülü nedeniyle bu kompozit rezinden elde edilen restorasyonlarda kırıklar meydana gelmektedir (47). Okluzal yüzeylerde kullanıldığında aşınmaya uğramaktadır. Bu nedenle, posterior dişlerde kullanımı önerilmemektedir (32).

Organik matriks yapısı, inorganik yapıya göre daha çok aşınmaktadır ve parlatma işlemi zorlaştırmaktadır. Sonuçta, iyi bitirilmiş parlak bir yüzey elde etmek imkansızdır ve kompozit rezin yüzeyinde renklenmeler görülmektedir (31,32,47).

Midifil kompozit rezinler, inorganik doldurucu boyutu 1-10 µm olan ve aynı zamanda öğütülme tekniği ile daha ufak boyutlarda (40 nm) silika partikülleri içeren materyallerdir. Farklı boyutlarda doldurucu içeriği nedeniyle daha iyi bitirme ve parlatma özelliklerine sahiptir (31,48).

Minifil kompozit rezinler

Büyük partiküllerin öğütülmesi ile elde edilen minifil kompozit rezinlerin, inorganik doldurucu boyutu ortalama 0.6-1 µm arasındadır. Öğütülme işlemi sonrası toplam partikül miktarı daha fazladır ve ağırlıkça %75-85 civarındadır. Partikül boyutu daha küçük olduğu için bitirme ve parlatma işlemi sonrasında daha düzgün bir yüzey elde edilmektedir (31,32,44).

Mikrofil kompozit rezinler

Mikrofil kompozit rezinler, büyük doldurucu partiküllerine sahip kompozit rezinlerin istenilen estetik düzeyin elde edilememesi nedeniyle geliştirilmiş kompozit rezinlerdir. İnorganik doldurucu boyutu 0.01-0.1 µm aralığında (ortalama 40 nm) değişmektedir. Doldurucu oranı, ağırlıkça %35-60 civarındadır. TEG-DMA miktarı daha fazladır (31,32,46).

Partikül oranı yüksek olduğu için viskozitesi artmıştır. Bu sorunun üstesinden gelmek için inorganik doldurucu ve rezin önceden polimerize edilir ve öğütülür, ardından matrikse yeniden eklenir. Bu şekilde elde edilen 40 nm boyutundaki güçlendirici silika partiküllerine “organik doldurucu” ve materyale ise “heterojen mikrofil” denilmektedir. Sonuçta, geleneksel hibrit kompozit rezinlere kıyasla düşük elastisite modülüne sahip bir materyal elde edilir (30–32,47). Ancak, mekanik özellikleri iyi olmadığı için okluzal kuvvetlere maruz kalan alanlarda kullanımı tavsiye edilmemektedir. Sınıf 5 restorasyonlarda ve servikal lezyonlarda kullanımı tavsiye edilmektedir (32,46).

Hibrit kompozit rezinler

Farklı boyutta doldurucu partikülleri içeren iki farklı kompozitten oluşmaktadır. Submikron boyutundaki partiküller (40 nm), büyük boyuttaki partiküller (10-50 µm) arasına dağılmış vaziyettedir. Bu doldurucular, kolloidal silika ve cam partikülleridir ve ağırlıkça %75-80 civarındadır (31,32).

Hibrit türünü belirleyen, karışım içerisinde yüzdesi en fazla bulunan partiküldür. Mikro partikül yüzdesi diğerlerine oranla daha fazla ise “mikrohibrit”; nano partikül yüzdesi daha fazla ise “nanohibrit” olarak adlandırılmaktadır (48).

Günümüzde, nano teknolojik gelişmelere paralel olarak kompozit rezinler hibrit, mikrohibrit, nanofil ve nanohibrit olarak piyasada yerini almıştır (35,36). Mikrohibritler, daha küçük doldurucu partiküllerine (mikronun altında) sahiptir (0.1–1 µm) (31). Nanohibritler ise tıpkı mikrohibrit gibi nanomerik partiküllere ve ufak boyutta dolduruculara (0.02 µm) sahiptir. Sonuç olarak, nano kompozit rezinler, organik matriks içerisinde nano boyutta partiküllerden oluşmaktadır (49).

Hibrit kompozit rezinler, iyi estetik sağlarken, farklı boyutta partiküllere sahip olması nedeniyle daha gelişmiş mekanik özelliklere sahiptir. Bu nedenle, estetiğin

önemli olduğu Sınıf 3, 4 ve 5 ve okluzal stres alanları içeren Sınıf 1 ve 2 restorasyonlarda kullanımı önerilmektedir (32,46).

Nanofil kompozit rezinler

Nano teknoloji, mikro teknolojiden daha küçük yapı (nano boyut) anlamına gelmektedir. Aslında yaygın olarak “nano boyutta yığın şeklinde toplanmış yapıları” tanımlamak amacıyla kullanılırken, asıl anlamı “moleküler nano teknoloji” şeklindedir (46).

Nano teknolojik gelişmelerle piyasaya sürülen nanofil kompozit rezinler, nano boyutta silika ve zirkonyum kökenli inorganik doldurucu partikülleri içermektedir (35,45). Bu yapı, 20-75 nm boyutunda yığın şeklinde nano kümeciklerden oluşmaktadır (49). Doldurucu partiküllerin boyutu 5-100 nm (0.005-0.1 µm) aralığında değişmektedir (31). Önceden polimerize edilmiş rezin doldurucular organik matriks yapıya infiltre olmuştur ve yapıya silan ajanı yardımıyla kimyasal olarak bağlanmaktadır (31,49).

Nano kümecikleri arasındaki boşlukları daha büyük boyuttaki doldurucu partiküllerin doldurması ile aşınmalara ve kırıklara karşı dirençli bir materyal elde edilmiştir. Yüksek doldurucu içeriği nedeniyle, organik matriks daha az polimerizasyon büzülmesine uğrar ve daha az büzülme stresi meydana gelmektedir (45,50).

Üreticiler, nanohibrit kompozit rezinlerde; hibrit materyallerin gelişmiş mekanik özellikleri ve mikrofillerin ise üstün bitirme ve parlatma özelliklerini biraraya getirmiştir. Optik özellikleri de yeterince gelişmiştir (31,46).

2.1.2.2. Polimerizasyon yöntemlerine göre kompozit rezinler

Kimyasal olarak polimerize (self-cure) olan kompozit rezinler

İki ayrı patın karıştırılması ile kimyasal olarak polimerize olan kompozit rezinlerdir. Patlardan birinde başlatıcı olarak benzoil peroksit ve diğerinde ise hızlandırıcı olarak organik amin bulunmaktadır. Bu iki yapı, patların karıştırılmasının ardından reaksiyona girmektedir. Uzun süreli pre-jel fazı ile polimerize olmaktadır. Yavaş polimerize olduğu için restorasyonda oluşan stresleri hafifletmektedir (32,51).

Fazla miktarda polimerizasyon büzülmesi göstermekte ve marjinlerde stres oluşumuna neden olmaktadır. Materyalin karıştırılarak hazırlanması hem çalışma

süresini uzatmaktadır hem de karıştırma işlemi sırasında hava kabarcığı oluşma riski taşımaktadır. Fiziksel özellikleri zayıftır ve dönüşüm derecesi düşüktür. Ayrıca, tersiyer aromatik aminler içermesi nedeniyle ağız ortamına maruz kaldıktan sonra renklenme görülmektedir (32,51).

Hem taban maddesi olarak hem de restorasyon yapımında kullanılabilir. Servikal lezyonlar, kök çürükleri, kama defekleri ve Sınıf 3 restorasyon tedavilerinde tercih edilmektedir (32,51).

Işık ile polimerize olan (light-cure) kompozit rezinler

Tek pat sisteminde üretilmiş kompozit rezinlerdir. Mavi ışığa duyarlı “kamforokinon” polimerizasyon mekanizmasını başlatmak için en sıklıkla kullanılan fotobaşlatıcıdır. Tersiyer aminler tarafından hızlandırılırlar. Başka fotobaşlatıcılar da kompozit rezinler içerisine eklenmiştir. Bunlar, 1-fenil-1,2-propandion (PPD), Lucirin TPO, etil benzoattır. Kompozit rezinlere, kamforokinona kıyasla daha az sarı renk vermektedirler ve renk stabiliteleri iyidir (31,32).

Polimerizasyonu sağlayan 470 nm boyutundaki ışık ile rezin içerisinde yer alan başlatıcı moleküller aktive olarak serbest radikallerin polimerize olması sağlanmaktadır. Bu reaksiyonun başlaması için rezin içerisinde yer alan başlatıcı maddelere uygun dalga boyutunda ışık verilmelidir (32).

Hem ışıkla hem de kimyasal olarak polimerize olan (dual-cure) kompozit rezinler

Dual-cure kompozit rezinler, kimyasal olarak polimerize olan kompozit rezinlerin derin kavitelere yeterli polimerizasyonu sağlama özelliği ve ışıkla polimerize olan kompozit rezinlerin uzun çalışma süresini biraraya getirmiştir. Kanal tedavisi görmüş dişlerin restorasyonunda kor materyali olarak ya da açık sandviç tekniğinde dentin yerine kullanılabilir. Polimerizasyon, ışık aktivasyonu ile materyalin yüzeyel tabakasından başlar ve kimyasal aktivasyon ile derin tabakalara doğru tamamlanır. Büyük miktarlarda kavite içerisine uygulanabilir, kimyasal olarak polimerize olan kompozitlere kıyasla zamandan kazanç sağlar, ışıkla polimerize olan kompozit rezinlere göre de daha düşük büzülme streslerine sahiptir (52–54).

Işık ile aktivasyon, 470 nm dalga boyunda mavi bir ışık kaynağı kullanılarak ışığa duyarlı bir fotobaşlatıcı olan kamforokinon yardımıyla olmaktadır. Serbest

radikal reaksiyonu ise organik aminlerin varlığında oluşmaktadır. Kamforokinonun dezavantajı ise birlikte kullanılan aminler üzerine toksik etki göstermesi ve kompozit rezinin sarı renkte görülmesine neden olmasıdır (34).

2.1.2.3. Visközitelere göre kompozit rezinler

Tepilebilir kompozit rezinler

Tepilebilir kompozit rezinler, değişik boyutlarda ve farklı tipte dolduruculara sahip kompozit bir rezindir. İnorganik doldurucu miktarı (hacimce %74) ve viskozitesi artmıştır. Reolojik özellikleri gelişmiştir. Partikül boyutu 0.7-20 µm arasındadır. Aşınmalara karşı direnç göstermesi, yüzey sertliği, kırılma dayanımı, sıkışma ve tensil dayanımları gibi fiziksel özellikleri hibrit kompozit rezinler ile benzerdir. Bu nedenle stres gören alanlarda kullanımı önerilmektedir (31,42,55,56).

Düşük polimerizasyon stresi, termal genleşme katsayısının dişe yakın olması, kolay uygulanabilmesi, elastisite modülünün ve aşınma direncinin amalgama eşit olması gibi başka avantajları da mevcuttur. Ancak, kavite duvarlarına ve marjnlere tam adaptasyon sağlayamaması sonucunda mikrosızıntı problemi ile karşılaşmaktadır (55).

Akışkan kompozit rezinler

Viskoziteyi azaltmak amacıyla materyale düşük moleküler ağırlığa sahip seyreltici bir monomer olan TEG-DMA eklenmiştir ve rezinin doldurucu oranı (ağırlıkça %45-67) azaltılmıştır. Partikül boyutu 0.04-1 µm arasındadır (32,42,57). Doldurucu oranının azaltılması, zayıf mekanik özellikler göstermesine neden olmaktadır. Aşınmalara karşı direnci azalmıştır ve fonksiyon sırasında deformasyona uğrayabilmektedir (32,58).

Doldurucu partikül oranlarına göre değişik endikasyonlarda kullanılmaktadır. Doldurucu oranı az olan akışkan kompozit rezinler pit ve fissur örtücü olarak kullanılırken; doldurucu oranı daha fazla olan akışkan kompozit rezinler ise küçük okluzal ve servikal kavitelere kullanılmaktadır (32,52,57).

Kompozit rezinlerin kavite duvarlarına adaptasyon zorluğu ve yüksek elastisite modülü nedeniyle oluşan mikrosızıntıyı önlemek için restorasyon altında daha az viskoz bir materyalin liner olarak kullanılması önerilmektedir. (32,42,59).

2.1.2.4. Organik matriks yapısına göre kompozit rezinler

Metakrilat esaslı kompozit rezinler

Metilmetakrilat, 1930'lu yıllarda diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmıştır. Metakrilat asidin esterleri ile beraber birleştirilmesi ve polimerize edilmesi ile oluşan bir monomerdur (60). Monomer matriks, zaman içerisinde çeşitli yöntemlerle değişime uğramıştır. Azalmış reaktif grupları (Bis-GMA) veya UDMA ile metakrilat monomerlerin yerini dimetakrilat monomerleri almıştır (61,62). Bis-GMA ve UDMA monomerleri visköz yapıda olduğu için üreticiler materyale seyreltici bir monomer olan TEG-DMA'yı eklemişlerdir (60).

Polimerizasyon mekanizması, karbon-karbon çift bağları yoluyla gerçekleşmektedir (60). Materyale foto başlatıcı sistem olarak sıklıkla kamforokinon ile beraber tersiyer aminler eklenmektedir (63).

Günümüzde diş hekimliğinde en çok kullanılan kompozit rezinler, metakrilat esaslı kompozit rezinlerdir. Ancak, polimerizasyon büzülmesi, yüksek termal genişleme katsayısı, renklenme ve sekonder çürük gelişimi gibi bazı dezavantajları mevcuttur. Son yıllarda polimerizasyon büzülmesini en aza indirmek amacıyla siloran esaslı kompozit rezinler ve ormocerler piyasaya sürülmüştür (60,64,65).

Siloran esaslı kompozit rezinler

Metakrilat esaslı kompozit rezinlerin polimerizasyon sırasında büzülme uğraması, kavite duvarlarında stres oluşturmaktadır. Bu stres, sızıntıya, sekonder çürük gelişimine, post-operatif hassasiyete, marjinal renklenmeye ve minede çatlaklara neden olmaktadır. Bu sorunların üstesinden gelmek için düşük polimerizasyon büzülmesi gösteren monomerler içeren kompozit rezinler geliştirilmiştir (63,66,67).

Bu amaçla üretilen siloran esaslı kompozit rezinlerin organik matriks yapısı, siloran monomerlerinin katyonik halka açılımlı polimerizasyonu ile oluşmaktadır. Metakrilat esaslı kompozit rezinler, polimerize olurken monomerler birbirlerine doğru hareket ederler. Siloran esaslı kompozit rezinlerin polimerizasyonu esnasında ise monomerler açılarak birbirlerine bağlanırlar. Sonuç olarak, daha az miktarda polimerizasyon büzülmesi (hacimsel olarak %1'in altına düşmüştür) görülmektedir. Gelişmiş mekanik ve fiziksel özellikler göstermektedir (33,67,68).

Siloran monomeri hibrit yapıdadır, siloksan ve oksiran yapıtaşları içermektedir. Siloksan, materyale hidrofobik özellikler sağlamaktadır. Bu nedenle, siloran esaslı kompozit rezinlerin bağlanmasında hidrofobik dimetakrilat monomeri içeren ancak hidrofilik 2-hidroksietil metakrilat (HEMA) monomeri içermeyen bir adeziv sistem kullanılmalıdır (33,37,69).

Ormocer (organik modifikasyonlu seramikler)

Organik ve inorganik içeriklerin nano düzeyde kombine edilmesi ve sol gel yöntemi ile elde edilen hibrit yapıda yeni bir kompozit rezin materyaldir. Organik gruplar, inorganik iskelet yapıya bağlıdır ve kimyasal yıkıma karşı materyalin direncini arttırmaktadır (70).

Reaktif olmayan Si-O-Si ağı dolayısıyla farklı monomer yapısı içermektedir. Asitle modifiye metakrilatlar ve karboksilik grup dolayısıyla hidrofilik monomer içeriğine sahip kompozitlerden oluşmaktadır (34).

Ormocerin organik matriksi serbest monomer içermemektedir. Bu nedenle, geleneksel metakrilat esaslı kompozit rezinlerin matriksinde yer alan, toksik ve alerjik reaksiyona neden olan monomer ayrışması gibi sorunlar görülmemektedir (70).

Yüksek aşınma direncine, düşük polimerizasyon büzülmesine ve polimer matriksin uzun süreli stabilitesine sahiptir. Doldurucu materyalin uzun dönem stabilitesi, restorasyonun dayanıklılığında rol oynar. Ayrıca, su emiliminden sonra yüzey bütünlüğünü korumaktadır (70).

Giomer

Cam iyonomer ve kompozit rezin arasında yer alan hibrit bir materyaldir. Yüksek aşınma direnci, uygun rengi, artmış radyopasitesi, ışık diffüzyonu ve iyi bitirme ve parlatma özelliği ile kompozit rezinlere; flor salma kabiliyeti ve reşarj edilebilmesi ile de geleneksel cam iyonomerlere benzemektedir (71).

Giomerler, nano boyutta doldurucu partikülleri, silan uygulanmış silika ve zirkonyum, floroaluminasilikat cam içermektedir (71). Bunun yanında, metakrilat bazlı kompozit rezinler gibi inorganik doldurucu partiküllere ve organik rezin matrikse sahiptir. İnorganik doldurucu kısmı, organik matriks ile birleşmeden önce, su içerisinde polialkenoik asit ile beraber iyon salabilen cam reaksiyonu sonucunda meydana gelmektedir (33,72).

2.1.3. Bulk fill kompozit rezinler

Kompozit rezinlerin, polimerizasyon büzülmesi, çatlak oluşumu (diş veya rezin materyal içinde), polimerizasyon esnasında restoratif materyalin diş yapısından ayrılması ve buna bağlı olarak gelişebilen sekonder çürük oluşumu gibi olumsuz etkilerinin üstesinden gelmek için inkremental teknik ile kavite içerisine yerleştirilmesi önerilmektedir. Ancak, bu tekniğin; uygulama süresinin uzun olması, kompozit rezin tabakaları arasında hava kabarcığı kalma ya da kontaminasyon oluşma riski, küçük kavitelere uygulama zorluğu gibi birçok dezavantajı mevcuttur (16,17,73).

Bu problemlerin üstesinden gelmek için “bulk fill” kompozit rezin adı verilen yeni bir ürün piyasaya sürülmüştür. Bu materyaller 4 mm kalınlığa kadar tek tabakaka halinde ışıkla polimerize edilebilmektedir. Yüksek ışık iletimi ve dönüşüm derecesi ile kavite tabanında bile yeterli polimerizasyonu sağlamaktadır. Bunun yanında daha düşük polimerizasyon stresine sahiptir. Bu nedenle yüksek C faktöre sahip kavitelere yerleştirilmesi önerilmektedir (16,73,74).

Nano boyutta küre şeklinde doldurucu partiküller içeren yapısı sayesinde gelişmiş mekanik özelliklere sahiptir. Başarılı bitirme ve parlatma işlemi uygulanabilmektedir (34,73). Ivocerin adı verilen germanyum esaslı yeni bir foto başlatıcı sisteme sahiptir. Görünür ışık spektrumunda düşük dalga boyunda yoğun ışık absorpsiyonu göstermektedir. Bu da, materyale derin polimerizasyon özelliği kazandırmaktadır (75,76). Kalın tabakaların 370-460 nm dalga boyunda mavi ışıkta polimerize olmasına olanak tanır ve daha derinlerde daha hızlı polimerizasyon sağlamaktadır (34,73).

Bulk fill kompozit rezinler viskzitetlerine göre “yüksek” ve “düşük” olarak sınıflandırılmaktadır. İlk olarak piyasaya sürülen düşük viskziteli, akışkan olanlar kavite duvarlarına daha iyi adaptasyon sağlamaktayken, daha fazla polimerizasyon büzülmesine uğramakta ve daha düşük mekanik özellikler göstermektedir. Zayıf fiziksel özellikleri nedeniyle, en az 2 mm kalınlığında yüksek viskziteye ve fiziksel özelliklere sahip bir kompozit rezin ile okluzal stres alanlarının örtülmesi tavsiye edilmektedir (16).

Akışkan bulk fill kompozit rezinler kullanım sınırlaması nedeni ile yüksek viskziteye sahip bulk fill kompozit rezinler piyasaya sürülmüştür. Yüksek viskziteye

sahip bulk fill kompozit rezinler, akışkan olanlara kıyasla daha fazla miktarda inorganik doldurucu içermektedir. Üzerlerinin ayrıca bir kompozit rezin tabakasıyla örtülmesine gerek duyulmamaktadır. Yüksek viskoziteye sahip bulk fill kompozit rezinler, doldurucu oranının fazla olması, basit uygulama prosedürü, kabul edilebilir translusensi özellikleri, polimerizasyon büzülmesinin minimum olması, kaviteye kolay adaptasyonu nedeniyle geniş bir kullanım alanı bulmuştur (73).

2.2. Adeziv Sistemler

2.2.1. Adezyon

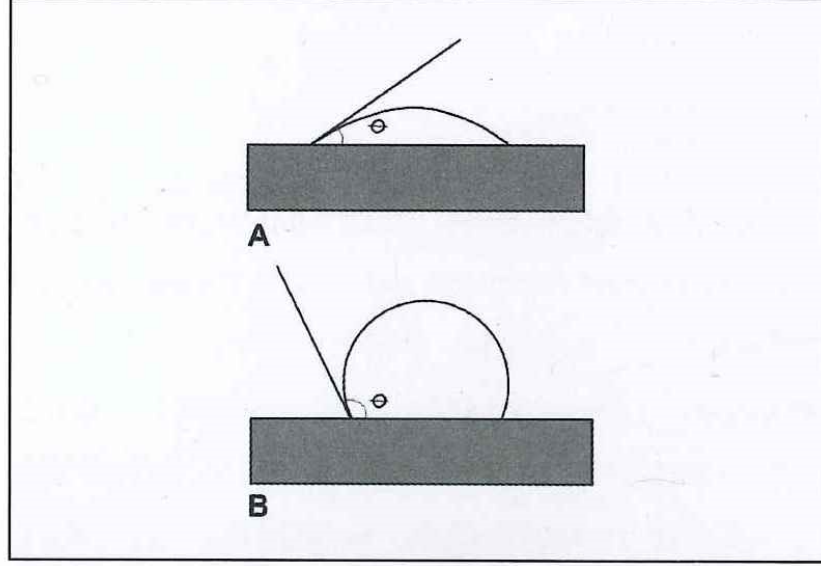
Latince kökenli “adhaerere” kelimesinden gelen ve bağlanmak anlamı taşıyan bir kelimedir. Literatürde iki farklı yüzeyin birleşmesi/bağlanmasını veya farklı moleküller arası çekim kuvvetini tanımlamak için kullanılmaktadır. Adezyonu sağlayan yapıya “adeziv” ve adezivin uygulandığı yapıya ise “aderent” denilmektedir. Adeziv, çoğunlukla visköz sıvı bir maddedir. İki ayrı maddeyi birbirine bağladıktan sonra rijit bir hal alır ve maddeler arası kuvvet iletimi sağlar (30,32).

Dört farklı tipte adezyon mekanizması mevcuttur:

- Mekanik adezyon- adezivin, aderent yüzeyinde yer alan girintili çıkıntılı alanlara mekanik kilitlemesi.
- Diffüzyon adezyonu- hareketli moleküller arasındaki bağlanma.
- Adsorbsiyon adezyonu- adeziv ve aderent arasındaki kimyasal bağlanma. İki tür kimyasal bağ ile gerçekleşmektedir: primer (iyonik, kovalent, metalik bağlar) ve sekonder (hidrojen ve van der waals bağları) bağlar.
- Elektrostatik adezyon- çift katlı elektriksel tabaka ile metal ve polimer yapının birbirine bağlanmasıdır. Zayıf bir bağıdır (30,32).

Adeziv, aderent yüzeyine uygulandığında küre şeklinde bir yapı oluşturur. Adeziv ve aderentin birleştiği noktadan bu küreye çizilen teğet ile aderent yüzeyi arasında kalan açıya “değim açısı” denilmektedir. Adeziv ve aderent arasında yakın temas sağlamak ve iyi bir adezyon elde etmek için adezivin değim açısının sıfıra yakın olması gerekmektedir. Bu nedenle, aderent yüzeyi temiz olmalıdır. Böylece adeziv materyali, yüzeyi kolayca ıslatabilmektedir (Şekil 2.2.1.1.). Ek olarak, adezivin yüzey geriliminin, aderentin kritik yüzey gerilim (KYG) değerinden düşük olması

gerekmektedir. Adezivin yüzey gerilimi düşük olduğu takdirde, değim açısı da az olacaktır. Böylece iki madde arasında sağlam bir adezyon gerçekleşecektir (30,32).



Şekil 2.2.1.1. Değim açısı. Dar değim açısı (A), geniş değim açısı (B) (32).

2.2.2. Diş hekimliğinde adezyon

Araştırmacılar, kompozit rezinlerdeki gelişmelerle beraber restorasyonların dişin sert dokularına bağlanması üzerine yoğunlaşmışlardır. Diş dokuları ve kompozit rezinler arasında bağlanma; mekanik (rezin tag oluşumu), adsorpsiyon (dişin organik ve inorganik yapılarına kimyasal bağlanma) ve difüzyon (diş yüzeyine, rezin monomerlerin bağlanabileceği maddelerin çökmesi) adezyon tiplerinin birarada görülmesi ile oluşmaktadır. Temel olarak, diş dokusunun inorganik yapısı ve rezin monomerlerin yer değiştirmesi ile meydana gelmektedir. Bu adezyon ile beraber mikrosızıntı ve dentin hassasiyeti önlenmektedir (30,32).

Adeziv substratının karakteristiğinin (çürükten etkilenmiş dentin, sklerotik dentin, derin dentin), adezyon üzerinde önemli etkisi vardır (77).

2.2.2.1. Mineye bağlanma

Mine, kristalize bir yapıya sahiptir ve dişin en dış tabakasını oluşturur. Vücuttaki en sert dokudur. Ağırlıkça %96 hidroksiapatitten $[(Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$, %3 su ve %1'den daha az miktarda organik matriksten meydana gelmektedir. İnorganik

kısmı hidroksiapatitten, organik kısmı ise kollajenden oluşturmaktadır. Minenin KYG, 28 dyne/cm'dir (30,32,78).

Yapısal olarak; mine prizmalarından, prizma kınından ve interprizmatik matriksten oluşmaktadır. Mine prizmaları değişik boyutlarda apatit kristalleri içerir. Kristaller mineye dayanıklılık sağlayacak şekilde sıkıca paketlenmiş durumdadır. Prizmaların baş kısmında yer alan apatit kristallerinin uzun aksı, mine prizmalarının uzun aksına paralel seyrederken, kuyruk kısmında yer alanlar ise prizma aksı ile 65° açı yapmaktadır (30,32).

Literatürde ilk olarak Buonocore, mine-rezin bağlantısını sağlamak için mineyi %85'lik fosforik asit ile pürüzlendirmeyi göstermiştir (79). Böylece adeziv infiltrasyonu için mikroskobik düzeyde alanlar oluşturmuştur (80). Daha sonra, birçok araştırmacı, mineye dayanıklı ve uzun süreli bağlanma için yeni yöntemler geliştirmeye odaklanmıştır. 1960'lı yıllardan günümüze kadar farklı tipte asitler, farklı konsantrasyonlarda ve farklı uygulama süreleri ile denenmiştir (81,82). İn vitro çalışmalarda, sitrik asit, hidroflorik asit, hidroklorik asit ve fosforik asit bu amaçla kullanılmıştır. %30-40 konsantrasyonda fosforik asitin mine pürüzlendirilmesinde etkili asit olduğu ortaya konulmuştur (30,80,83).

Mine yüzeyinin asitle pürüzlendirilmesi sonrası diş dokusundan kalsiyum ve fosfat uzaklaşmaktadır. Hidroksiapatit kristallerinin dizilimlerindeki farklılıklar, minenin asitlere karşı duyarlı olmasını açıklamaktadır ve asitle pürüzlendirme etkisi en çok baş kısmında görülmektedir. Kalsiyum ve fosfat iyonlarının uzaklaşması ile beraber girintili çıkıntılı bir yapı oluşmaktadır. Böylece, yüzeyin KYG değeri artar (72 dyne/cm) (30,32,80).

Adeziv rezinler, yüzeye uygulandığında kolaylıkla bu porözlü mine yüzeyine infiltre olmaktadır ve "rezin tag" adı verilen yapıları meydana getirmektedir. Bu resin tagların, interprizmatik boşuklara penetre olan kısmına "makrotag" ; intraprizmatik boşuklara penetre olan ve hidroksiapatitler ile sarılı kısmına ise "mikrotag" adı verilmektedir. Polimerizasyon sonrasında resin içerisinde yer alan bu yapılar, mine yüzeyi ile mikromekanik bir yapı oluşturarak bağlanmayı sağlamaktadır ve kenar sızıntılarını önlemektedir (30,32,80).

Minenin asitle pürüzlendirilmesi sonrası 3 farklı morfolojik patern oluşmaktadır:

Tip 1 patern: Sadece prizmanın merkezinde çözünme meydana gelmiştir. (bal peteği)

Tip 2 patern: Prizmanın periferinde meydana gelmiştir. (kaldırım taşı)

Tip 3 patern: Daha az belirgin bir yapıdır. Mikromorforfolojik olarak diğer tiplere benzer. Mine prizmalarının topografisine benzeyen alanlar da mevcuttur (30,32,83).

2.2.2.2. Dentine bağlanma

Dentin dokusu, ağırlıkça %75 inorganik yapı, %20 organik yapı ve %5 sudan oluşmaktadır. Dentin mineden az, kemik ve sementten daha mineralize bir yapıya sahiptir. İnorganik yapısını hidroksiapatit kristalleri oluşturmaktadır. Minede düzenli şekilde yer alan kristaller, dentinde organik yapı içerisinde rastgele dağılmış halde bulunmaktadır. Minedekilere kıyasla, daha ufak boyutlarda olan bu kristal yapı, aynı zamanda daha az miktarda kalsiyum ve karbonat içermektedir. Organik yapısını ise Tip 1 kollajen ve proteoglikanlar oluşturmaktadır. Dentin protein oranı yüksek olduğu için KYG değeri de düşüktür (44.8 dyne/cm). Bu durum ıslanabilirliği ve dolayısıyla adezyonu etkilemektedir (30,32).

Dentin, tübellü bir yapıya sahiptir. Bu tübüller, koronal dentinde pulpa yüzeyinden başlayıp mine-dentin sınırına kadar uzanmaktadır. Peritübüler dentin, iyi mineralize bir yapıdır ve bu tübüllerin etrafını sarmaktadır. Tübüller arasındaki bölgeyi ise daha az mineralize “intertübüler dentin” doldurmaktadır (32,84).

Tübüllerin içi sıvı doludur. Bu sıvı, 25-30 mm civa basıncı ile pulpadan mine-dentin sınırına doğru hareket halindedir. Dentinin pulpaya yakın kısmında tübüllerin sayısı ve çapı artmıştır, dentin yapısı incelmıştır. Sonuçta, dentin dokusu her zaman nemli kalmaktadır. Bunun yanında, dentin dokusu pulpaya yaklaştıkça daha az mineralizasyon göstermektedir ve adeziv sistemlerin bağlandığı intertübüler dentin oranı azalmaktadır. Bu sebeplerden dolayı, derin dentinde adezyon sağlamak zordur (32,84).

Dentinin asitle pürüzlendirilmesi ile “smear tabakası” uzaklaşmaktadır. Bu tabaka, inorganik ve organik dokulardan oluşan debris yapıdadır, el aletleri ve frezlerle preparasyonun ardından dentin yüzeyinde meydana gelmektedir. Hidroksiapatit kristalleri demineralize olarak dentin tübüllerini açığa çıkartır. Peritübüler dentin ortadan kalkar ve intertübüler dentin 3-7 µm derinliğe kadar demineralize olur. Dentin

dokusu poröz bir hal alır. Dentin geçirgenliği artar. Dentin dokusunun KYG değeri, 44.8 dyne/cm'ye düşer. Bu durum adezyonu olumsuz etkilemektedir. Sonrasında uygulanan primer ile bu değer tekrar yükselmektedir (30,32).

Dentine bağlanma, hem mikromekanik hem kimyasal yolla olmaktadır. Mikromekanik bağlanma, adeziv rezinin yüzey hazırlığı yapılmış dentine penetrasyonuna bağlıdır. İntertübüler dentinin demineralizasyonu sonucu rezin monomerlerin, kollajen ağı içerisinde yer alan suyla yer değiştirmesi ile “intertübüler infiltrasyon”, tübüller içerisine penetrasyon ile de “intratübüler penetrasyon” meydana gelmektedir. Adezivin intertübüler dentine penetrasyonu sonucunda oluşan yapıya ise “tübüler rezin tag” adı verilmektedir. Bu yapı, dentin tübüllerini tıkayarak pulpa dentin kompleksini sızıntıya karşı korumaktadır. Dentin kollajenleri ile mikromekanik kilitlenme sağlamaktadır. Bu kilitlenme, rezin monomerler ve dentin yapısı arasında oluşmaktadır. Hidroksiapatit kristallerinin çözülmesi ve rezin monomerlerin kollajen fibrillerin etrafını sarması ile oluşan inter diffüzyon tabakasına “hibrit tabaka” adı verilmektedir (32,84,85).

Kimyasal bağlanma ise dentinde fonksiyonel asidik monomerlerin hidroksiapatit kristaller ile etkileşimi girmesi sonucu olmaktadır. Bu monomerler, karboksil, fosfonik ve fosfat gruplarından oluşmaktadır. Bunlardan, fenil-P, 10-metakriloil oksidesil dihidrojenfosfat (10-MDP), fonksiyonel bir monomerdir ve hidroksiapatit yapı içerisinde kalsiyum iyonları ile etkileşime girmektedir (85).



Adeziv sistemler; tarihsel gelişimleri, smear tabakası ile ilişkileri, adeziv ile dentin arasındaki ilişki ve uygulama aşama sayısına göre farklı şekillerde sınıflandırılabilirler. Tarihsel gelişimlerine göre 1.'den 7. nesile kadar sınıflandırılırken; smear tabakası ile ilişkilerine göre ise şu şekilde sınıflandırılmaktadır (32,86):

- *Smear tabakasının üzerine uygulanan adeziv sistemler-* 1. ve 2. nesil adeziv sistemlerdir.
- *Smear tabakasını modifiye eden adeziv sistemler-* 3. nesil adeziv sistemlerdir.
- *Smear tabakasını ortadan kaldıran adeziv sistemler-* 4. ve 5. nesil sistemlerdir. Etch&rinse adeziv sistemler olarak adlandırılmaktadır. Mine ve dentin dokusu aynı anda asitle pürüzlendirilir.

- *Smear tabakasını çözen adeziv sistemler*- 6. ve 7. nesil sistemlerdir. Self-etch adeziv sistemler olarak bilinmektedir. Smear tabakası ve altındaki dentin dokusunun kısmen demineralizasyonunu sağlar (30,32).

Adeziv sistemler, temelde klinik uygulama prosedürleri ve adezyon stratejilerine göre sınıflandırılmaktadır. Asitle pürüzlendirme aşamasının ayrı olup olmaması üzerine kurulan 2 ana adeziv sistem mevcuttur: Self-etch ve etch&rinse adeziv sistemleri. Bunlar ise kendi aralarında işlem basamaklarına göre sınıflandırılmaktadır: (Tablo 2.2.2.2.1.) (22,85–87).

Tablo 2.2.2.2.1. Adeziv sistemlerin diş dokularına bağlanmasındaki güncel stratejiler

ADEZİV SİSTEMLER			
			
ETCH&RİNSE ADEZİV SİSTEMLER Smear tabakasını ortadan kaldıran sistemler		SELF-ETCH ADEZİV SİSTEMLER Smear tabakasını çözen adeziv sistemler	
Üç aşamalı etch&rinse (4. Nesil)	İki aşamalı etch&rinse (5. Nesil)	İki aşamalı self-etch (6. nesil)	Tek aşamalı self-etch (all-in-one) (7. Nesil)
Asit + primer+adeziv	asit +(primer-adeziv)	(asit-primer)+adeziv	Asit-primer-adeziv

2.2.3. Etch&rinse adeziv sistemler

Etch&rinse adeziv sistemler, smear tabakasını ortadan kaldıran adeziv sistemlerdir. Mine dokusuna uygulanan %30-40 konsantrasyonda fosforik asit, dentin dokusunu birkaç mikrometre derinliğe kadar demineralize ederek kollajenden zengin

hidroksiapatit yapı açığa çıkarmaktadır. Böylece, hidrofilik monomerlerin infiltre olduğu kollajen lifler açığa çıkmış olmaktadır (22,88).

Nakabayashi ve ark., ilk kez asitle pürüzlendirilen dentinde oluşmuş gerçek bir hibrit tabakadan bahsetmiştir (89). Bu tabaka, hidroksiapatit yapının demineralize olması ile açığa çıkmıştır. Kollajen ve rezin yapılarının biraraya gelmesi ile meydana gelmektedir. Resin yapısı; dentine infiltre, kollajen fibriller tarafından desteklenmektedir (22,80,88).

Açığa çıkan kollajen fibriller, dentinin aşırı kurutulması sonrasında kollapsa uğrar ve bağlanma dayanımı azalır (80). Bunun önüne geçmek için hafif nemli demineralize dentin yüzeyi bırakılmalıdır (90). Ancak, dentin yüzeyinin nem kontrolünü sağlamak ve kollajen fibrillerin yapısını korumak teknik hassasiyet gerektirmektedir (80).

Fazla nem içeren yüzeye adeziv uygulandığında, rezin monomerler, hibrit yapı içerisinde yer alan, kollajen fibriller arasındaki su ve dentin sıvısı ile dolu boşluklara infiltre olmaktadır. Hibrit tabakada yer alan, sudan zengin, rezinin doldurduğu bu boşluklar, kollajenin yıkıma uğradığı bölgelerdir. Resin dentin bağlantısını tehlikeye sokmaktadır, post-operatif hassasiyete, sudan zengin ortam oluşumuna, endojenöz kollajen enzimlerinin fonksiyonuna ve hidrolize neden olmaktadır. Yetersiz resin infiltrasyonu, özellikle materyalin yaşlanması sonrasında hibrit tabakayı savunmasız bırakmaktadır (88,91).

2.2.4. Self-etch adeziv sistemler

Self-etch adeziv sistemler, smear tabakasını çözen adeziv sistemlerdir. Dentinin demineralizasyonu ve monomerin infiltrasyonu aynı anda olmaktadır. Asidik fonksiyonel monomerlerin aköz solüsyonunu içermektedir. Bu monomerler, fosforik asitten daha yüksek pH'a sahiptir. Su, asidik monomerlerin aktivasyonu ve iyonizasyonu için ortam sağlamaktadır çünkü asidik monomerlerin çoğu suda az çözünmektedir. Adeziv içerisinde yer alan su, polimerizasyon öncesinde buharlaştırılarak uzaklaştırılmalıdır (91,92). Kalan smear tabakası, kısmen demineralize dentin ve kollajen matriksten oluşan ince bir hibrit tabaka oluşturmaktadır. İyonik resin monomerlerin yüksek konsantrasyonu, dentin tübüllerinden kaynaklanan suyun osmozuna neden olmaktadır (88,91).

Ayrı bir asit ile pürüzlendirme aşaması içermediği için basitleştirilmiş bir adeziv sistemdir (21,22,92). Asitle pürüzlendirme aşamasının olmaması, hem uygulama kolaylığı hem de kavitenin yıkanması ve kurutulması esnasında kan ve tükürük ile tekrar kontamine olma ihtimalini azaltmaktadır. Ayrıca, smear tabakasını çözdüğü için dentin tübülleri daha az açığa çıkmaktadır ve tübüller içinde yer alan sıvı akışı daha az görülmektedir. Bu nedenle, post-operatif hassasiyetin daha az olduğu bildirilmiştir (32,85).

Monomerik matriks içerisinde çapraz bağları sağlayan hidrofilik HEMA ve hidrofobik fonksiyonel monomerler, polimerizasyon başlatıcılar, çözücüler, stabilizatörler ve doldurucu partiküller esas yapısını oluşturmaktadır. Ayrıca, özel monomer molekülleri, karboksilat ve fosfat asidik grupları içermektedir. Bunlar, yüzey hazırlayıcı (yüzeyel dentin tabakasının demineralize olmasını sağlar) ve primer (rezin monomerler dentine infiltre olur) olarak görev yapmaktadır (22,92).

2.2.4.1. İki aşamalı self-etch adeziv sistemler

İki aşamalı self-etch adeziv sistemler, 2 ayrı solüsyondan (primer ve adeziv) oluşmaktadır. Asidik monomerler ile kombine edilmiş hidrofilik primerler ve hidrofobik monomerler içermektedir. Çözücülerin buharlaştırılması ile birlikte hidrofobik tabaka ve adeziv dentin yüzeyini kaplamaktadır. Dentin ve minenin pürüzlendirilmesi ve primerin diffüzyonu eş zamanlı meydana gelmektedir. Yapıda devamlılık sağlanmaktadır ve smear kalıntıları rezin taglara dönüşmektedir. Demineralizasyon derinliği ile rezin infiltrasyon derinliği arasında neredeyse fark oluşmamaktadır (21,30,92).

Tüm self-etch adeziv sistemler aynı bağlanma mekanizmasına sahiptir ancak asidik monomer kompozisyonu, su içeriği ve asidite açısından farklılık göstermektedir. Bu nedenle, pH'larına göre sınıflandırılmaktadır: hafif ($\text{pH} > 2$), orta ($1 < \text{pH} < 2$) ve güçlü ($\text{pH} < 1$). Adezivin asiditesi, mine ve dentine bağlanması üzerinde etkilidir. Orta self-etch adeziv sistemler, fonksiyonel monomerlerin (10-MDP) karboksil veya fosfat grupları ve hidroksiapatit kristalleri arasında kimyasal bağlantı sağlamaktadır (93,94).

2.2.4.2. Tek aşamalı self-etch adeziv sistemler (all-in one)

Adeziv sistem uygulamasını basitleştirmek amacıyla, hidrofilik modifiye monomerlere sahip tek aşamalı self-etch adeziv sistemler piyasaya sürülmüştür. Kompozit rezin ile temasta polimerize olmamış iyonik monomerler, hidrofobik monomerler, su ve organik çözücüler içermektedir. Asit, primer ve adeziv aşamalarını tek solusyonda birleştirmiştir (15,30,92).

All-in-one sistemlerde, kavitenin yıkanması ve kurutulması işlemleri olmadığı için, kontaminasyon riski azdır. Aşırı kurutma ve nemli kalma gibi uygulama riskleri azaltılmıştır (95,96). Substrat demineralizasyonu ve adeziv infiltrasyonu eş zamanlı olduğu için post-operatif hassasiyet azdır (97).

Smear tabakasını çözebilmek ve dentini demineralize edebilmek için hidrofilik asidik monomer konsantrasyonu artmıştır. Ayrıca bu monomerlerin iyonizasyonunu sağlamak için fazla miktarda su içermektedir (98). Yarı geçirgen bir hibrit tabaka mevcuttur. Ancak, bu durum rezin-dentin ara yüzeyini tehlikeye sokmaktadır (99). Su geçişine izin vererek su kabarcıkları oluşturmaktadır. Bu kabarcıklar, kurutma işlemi esnasında, adeziv tabaka içerisinde kalan, yeterince buharlaşmamış suyun kanıtıdır ve “su ağacı” denilen görüntüyü oluşturmaktadır. Resin-dentin bağlantısında ve restorasyonda hidrolitik degradasyona neden olmaktadır (92).

Son yıllarda, universal veya multi-mode sistemler olarak da bilinen yeni tek aşamalı self-etch adeziv sistemler piyasaya sürülmüştür. “All-in-one” konsepti ile üretilen tek aşamalı self-etch adezivlerdir. Hekimlere, adeziv stratejisi ile seçim şansı tanımaktadır: Etch&rinse, self-etch ve selektif etch tekniği ile uygulanabilmektedir. Bu yaklaşım ile minede etch&rinse tekniğinin sağladığı avantajları ve dentinde basitleştirilmiş self-etch tekniğinin apatit kristallerindeki ek kimyasal bağlanmasını birleştirmektedir (21,22,100).

Universal adeziv sistemlerin diş dokusu ve protetik materyallere adezyonu araştırılmış ve tüm yüzeylerde etkili olduğu bildirilmiştir. Cam seramik ve zirkonyum esaslı kronlar için silan olarak; metal ve polikristalin seramik esaslı kronlar için primer olarak kullanımı endikedir (91,92).

Özetlemek gerekirse, çoğu adeziv sistem, mine ve dentine uygun bir bağlanma sağlamasına rağmen, dentine bağlanma hala sorun teşkil etmektedir. Dentin geçirgenliği, pulpal sıvı akışı, sklerotik veya etkilenmiş dentin gibi biyolojik ve klinik

faktörler dentin adezyonunu etkilemektedir. Tüm dentin bağlayıcı sistemler, degradasyona uğramaktadır. Etch&rinse adezivler, kollajen fibrillerin enzimatik yıkımı, polimerize rezin matriksin bozulması ve hidrolize bağlı olarak degradasyona uğramaktadır. Self-etch adezivlerin degradasyonu ise asidik monomerlerin hidrofilitésinin artması ve su alımına neden olması nedeniyle olmaktadır (84,85).

2.2.5. Cam iyonomer adeziv sistemleri

Cam iyonomer sistemler, yüzey hazırlama işlemleri gerektirmeyen, diş yapısına kimyasal olarak bağlanan bir materyallerdir. Adeziv sistemin uygulanması öncesi, yüzeye kısa süreli zayıf bir polialkenoik asit ile pürüzlendirme yapılması tavsiye edilmektedir (101,102).

Polialkenoik asit uygulaması sonucu diş yüzeyi temizlenir; smear tabakası uzaklaştırılır ve kollajen lifleri 0.5–1 µm derinliğe kadar açığa çıkartılır. Bağlanmanın etkinliği, yüzeyin debrislere temizlenmesine ve kısmen demineralizasyona bağlıdır (101,102).

Cam iyonomer sistemlerin adezyon mekanizması iki şekilde olmaktadır: Birincisi, cam iyonomer komponentlerinin, mikro porozite alanlarına infiltre olarak mekanik kilitleme sağlamasıdır. Hidroksiapatitler ile sarılı kollajen fibril ağı ve hibrit tabaka meydana gelmekte ve diş dokularına kendinden bağlanmaktadır. Self-etch adeziv sistemlerde, düşük moleküler ağırlıklı bir monomer ile adezyon sağlanırken; cam iyonomer adeziv sistemlerde yüksek moleküler ağırlığa sahip polikarboksil esaslı bir polimer ile adezyon sağlanmaktadır. Bu durum iki adeziv sistem arasındaki temel farkı oluşturmaktadır. İkinci adezyon mekanizması ise kimyasal bağlanma yoluyla meydana gelmektedir. Polialkenoik asidin karboksil grupları ile hidroksiapatitin kalsiyum iyonları arasında iyonik bağlar oluşmaktadır. Böylece, hidroksiapatitler ile sarılmış kollajen fibriller aracılığıyla adezyon meydana gelmektedir (101,102).

2.3. Kompozit Resin Tamiri

Adeziv sistemlerin kullanılması ile diş dokusuna bağlanan kompozit rezinler hem kendi yapısal özelliklerinin zaman içerisinde bozulması hem de adeziv tabakanın degradasyonu ile başarısızlığa uğramaktadır. Adeziv yüzeyde meydana gelebilen mikrosızıntı sonucunda sekonder çürük gelişimi, renklenme, aşınma, restorasyonda veya dişte fraktür oluşumu da görülmektedir (2,46,103,104).

Kompozit rezin restorasyonların yıllık başarısızlık oranı %2.2'dir (94). Resin restorasyonların klinik ömrünü etkileyen faktörler temelde 3 ana bileşenden oluşmaktadır: kullanılan materyal, hasta ve hekim. (103,105) Baldissera ve ark., kompozit rezin restorasyonların prognozunun restoratif materyalin fiziksel özelliklerinden etkilendiğini ortaya koymuşlardır (106). Ayrıca, kompozit rezin ve adeziv sistemin yapısı ve uygulama şekli de restorasyon başarısızlığını etkilemektedir (103).

Hastanın ağız hijyeni, çürük riski ve sosyo-ekonomik durumu restorasyonun ömrü üzerinde etkilidir (103). Yüksek çürük riskli bireylerde, sekonder çürük gelişimine de sıklıkla rastlanmaktadır (107). Ayrıca, geniş veya birden fazla yüze sahip rezin restorasyonlarda daha sık restorasyon başarısızlığı görülmektedir (108,109). Kompozit materyal miktarının artması, materyalde stres konsantrasyon bölgelerinin oluşmasına neden olur ve restorasyonda kırık oluşumu görülebilmektedir. Özellikle diş sıkma ve tırnak yeme gibi kötü alışkanlıkları olan bireylerde bu durum sorun teşkil edebilir (110). Bu hasta gruplarında restorasyon yüzeyinde aşınmalar da görülmektedir (111). Molar dişlerdeki restorasyonların uzun dönem başarısının, anterior dişlere kıyasla daha düşük olduğu bildirilmiştir (103,112).

Kompozit rezin restorasyonların klinik performansı değerlendiren birçok çalışma yapılmıştır (113,114). Yapılan restorasyonların yaklaşık yarısının daha sonradan değiştirildiği bildirilmiştir (115). En sıklıkla görülen başarısızlık nedeni sekonder çürük gelişimi ve restorasyonda fraktür oluşumudur (47).

2.3.1. Başarısızlığa uğramış restorasyonlarda tedavi seçenekleri

Temelde defektif restorasyonların tedavisinde 4 yaklaşım mevcuttur (113,116):

- tedavi yok (takip): Tedavi edilmediği takdirde, klinik olarak herhangi bir olumsuzluğa neden olmayacak küçük kusurlar varlığında (renklenme, suboptimal marjin varlığı) bu prosedür uygulanmaktadır.

- bitirme ve parlatma: Bitirme ve yeniden şekillendirme işlemlerinden oluşmaktadır. Bitirme, restorasyon marjinleri ile sınırlı iken; yeniden şekillendirme açığa çıkmış restorasyon yüzeyinin tümünü veya bir kısmını içermektedir. Restorasyondaki taşkınlıkların giderilmesi, renklenmelerin uzaklaştırılması gibi işlemleri kapsamaktadır.

• tamir: lokalize defekt klinik olarak kabul edilemez olduğu durumlarda, minimal girişimsel bir tedavi seçeneği olan tamir işlemi uygulanmaktadır. Restorasyonda başarısızlığa uğrayan parçanın uzaklaştırılması ve üzerine yeni bir restoratif materyalin eklenmesi ile gerçekleştirilmektedir (25,117).

• değiştirme: genel, yaygın ve şiddetli problemler mevcut olduğunda restorasyonun değiştirilmesi tercih edilmektedir (118).

Tamir işleminin avantajları:

- Restorasyon döngüsünden kaçınılır.
- Kalan diş dokusu korunur.
- Daha az travmatiktir. Pulpaya zarar verme riski azdır.
- Lokal anestezi gerektirmeyebilir.
- İyatrojenik olarak komşu dişe zarar verme riski azdır.
- Tedavi süresi kısadır.
- İşlem maliyeti azdır.
- Hasta üzerinde daha az strese neden olduğu için göreceli olarak konforlu bir işlemdir.
- Restorasyon ömrü uzamaktadır.
- Kullanılan materyal miktarı daha azdır (2,12,25,118).

2.3.2. Klinik endikasyonlar

Sekonder çürük

Sekonder çürük gelişimi, restorasyon başarısızlığına en çok neden olan faktörlerden biridir. Restorasyon marjinine komşu alanda gelişen bu lezyonlar, sağlıklı dişte ilk kez görülen çürük lezyonları gibi düşünülerek tedavi edilmelidir (2,35).

Düşük çürük riski olan bireylerde gelişen lezyonlar; kavitasyonla beraber restorasyona komşu marjinal alanda demineralizasyon şeklinde görülüyorsa, diş yüzeyinde lokalize ve ulaşılabilir bir alanda bulunuyorsa, restorasyon altında çürük şüphesi yoksa, restorasyon klinik ve radyolojik olarak başarısızlık sergilemiyorsa tamir işlemi uygulanabilmektedir. Bu tedavi, minimal şekilde uygulanmalı ve komşu restorasyon parçası ile sınırlı olmalıdır (2,117).

Marjinal defektler ve yüzeyel renklenmeler

Marjinal defektler, farklı iki uç çapına (150 ve 250 µm) sahip keskin olmayan özel sondlar kullanılarak tespit edilmektedir. Bu defeklerin boyutu, 250 µm'dan büyükse veya dentin yüzeyi açığa çıkmışsa restorasyonun tamiri yapılmalıdır (117).

Restorasyon yüzeyinde yer alan marjinal defektler; restorasyon materyalinin kavite içerisine yerleştirilmesi veya adezyonu sırasında oluşan problemler nedeniyle meydana gelmektedir (119).

Anterior dişlerde oluşan marjinal renklenmeler, estetik kaygılardan ötürü tedavi edilebilir (2). Marjin etrafında materyalin fazla veya eksik kalması, boşluk oluşumu marjinal defeklere neden olmaktadır (120). Özellikle self-etch adeziv sistemlerin mine dokusunda pürüzlendirme işleminin yetersiz olması nedeniyle mine marjinlerinde bu tür defekler görülebilmektedir (121,122).

Marjinal defekler sonucunda her zaman sekonder çürük gelişimi görülmeyebilir. Defekte bağlı olarak plak birikimi meydana gelmişse, dişte veya restorasyonda marjinal düzensizlik oluşumu görülüyorsa restorasyon tamiri önerilmektedir (2). Bitirme ve parlatma işlemlerinin tekrarlanması ile bu problemin üstesinden gelinebilmektedir (117). Ancak, defekt daha derine ilerliyorsa, restorasyon yüzeyinde yaygın renklenme ve düzensizlik görülüyorsa, diş-restorasyon ara yüzeyinde ayrılmalar meydana gelmişse tamir veya restorasyonun değişimi önerilmektedir (2,123).

Aşınma

Kompozit rezin restorasyonların okluzal ve proksimal yüzeylerinde meydana gelen aşınma ile birlikte, dişte pasif sürme ve komşu diş doğru yan yatma hareketleri görülebilmektedir. Restorasyondaki aşınma sadece okluzal yüzeyde oluştu ise ve tamir yapmaya izin veren miktarda dikey boşluk mevcutsa, yüzeyin yeniden şekillendirilmesi gerekmektedir. Aşınma proksimal yüzeyde yer alıyorsa, bu bölgede anatomik şekli yeniden oluşturmak için yeterli boşluk bulunmayabilir. Bu durumda tamir seçeneği düşünülmelidir (2,117).

Restorasyonda meydana gelen kırıklar ve kütleli kayıplar

Restorasyonun tamamlanmasından kısa süre sonra, aşırı okluzal yük ve prematür kontakt nedenleri ile kütleli kırıklar meydana gelebilmektedir (2).

Restorasyonun aproksimal yüzeyinde taşkın alanlar da, restorasyonda kırıklara neden olabilmekte, gıda sıkışma hissi ve periodontal hasar görülmektedir (124,125) Restorasyon kırığına neden olan faktörlerin tespit edilip ortadan kaldırılması ve daha sonra kırılan restorasyonun tedavisinin yapılması gerekmektedir. Ayrıca, restoratif materyal içerisinde zamanla biriken stres yorgunluğuna bağlı olarak da bu tür kırıklar oluşabilmektedir (2,25,126). Restorasyonun yarısından az kısmının kaybedildiği kırık oluşumlarında kalan parça bütünlüğünün sağlanarak tamir işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir (2,117).

Kompozit rezin restorasyonlu bir diş kanal tedavisi yapıldıktan sonra hazırlanan giriş kavitesinin restore edilmesi işleminde kalan kompozit rezin restorasyon miktarı yeterliyse giriş kavitelerinin kompozit rezinler ile tamamlanarak tamir işleminin yapılması önerilmektedir (117).

Restorasyona komşu diş yapısında kırık oluşumu

Restorasyona komşu diş dokusunda meydana gelen mine çatlakları ve kırıklar; parafonksiyonel alışkanlıklar, travma, polimerizasyon büzülme stresi gibi nedenlerle oluşmaktadır. Komşu diş yapısında kırıklara neden olan bu faktörlerin tamir işlemi öncesi ortadan kaldırılması (bruksizm hastalarında gece plağı kullanımı gibi) gerekmektedir (2,117).

Sond ile tespit edilen 250 µm'dan daha büyük boyutlara sahip çatlakların, büyük mine kayıplarının veya ulaşılabilir alanlarda yer alan kusp kırıklarının tedavisi tamir işlemi ile yapılmalıdır (117).

Öncelikle hastanın tamir işlemini kabul etmiş olması ve aydınlanmış onam formunu imzalamış olması gerekmektedir. Hastaların özel ihtiyaçlarına göre özellikle sınırlı koopere ve dental tedavilere toleransı az olan yaşlı hastalarda tamir işlemi tercih edilebilir. Bunun yanında, dental olarak motive, eğitim seviyesi yüksek ve düşük çürük riskine sahip hasta gruplarına da tamir işlemi uygulanabilmektedir. Bitirme/parlatma ve tamir işlemleri, lokal anestezi gerektirmeyebileceği için kompleks medikal hikayesi ve dental anksiyetesi olan hastalarda avantaj sağlamaktadır (2,117).

2.3.3. Tamir kontrendikasyonları

- Hastanın tamir işlemini kabul etmemesi

- Restorasyonun bütününde kabul edilemeyecek plak retansiyonuna neden olan yüzeylerin varlığı
- Zayıf proksimal kontaklar
- Yüksek çürük riski
- Mevcut restorasyonun çoğunu etkileyen çürükler
- Endodontik tedavi sonrası kalan restorasyon miktarının yetersiz olması
- Restorasyonun büyük kısmının kaybı veya çoklu kırıklar
- Büyük kusp kırıkları ve dişte meydana gelen kırıklar
- Ulaşılamayan alanlarda yer alan derin marjinal renklenmeler
- Önceki tamir işleminin başarısız olması (117).

2.3.4. Kompozit Rezinlerin Tamirinde Kullanılan Yüzey Hazırlama Protokolleri

Metakrilat esaslı kompozit rezinlerin inkremental teknik ile uygulaması sırasında havadaki oksijen, yüzeyel ince bir inhibisyon tabakası oluşturmakta ve böylece iki tabaka arasında adezyon meydana gelmektedir (14,127). Kompozit rezin restorasyonların parlatılmasını takiben yüzeyde zaman içerisinde degradasyon oluşarak oksijen inhibisyon tabakası yok olmakta ve yüzey tamir işlemini zorlaştıracak şekilde değişime uğramaktadır (7). Ayrıca, materyalin yaşlanması ve su emilimi sonucu reaksiyona girmemiş metakrilat monomerleri ve doymamış karbon-karbon çift bağları azalmaktadır ve bu durum tamir rezinin adezyonunu zayıflatmaktadır (11).

Başarısızlığa uğramış restorasyonların tamiri esnasında eski ve yeni kompozit rezin materyalleri arasında iyi bir bağlantı sağlamak önemlidir (128). Bu amaçla, eski kompozit rezin yüzeyine çeşitli yüzey hazırlama protokolleri uygulanmalıdır (10,11). Sıklıkla kullanılan yöntem, yüksek aşındırıcılı elmas frez ile pürüzlendirme yapılmasıdır. Alüminyum oksit ile air abrazyon, kumlama ve asitle pürüzlendirme (hidroflorik asit, fosforik asit, asidule edilmiş fosfat florid) teknikleri kullanılmaktadır (10,14,15). Bunların dışında; silikon karbid kağıt, karborundum taşı, bitirme diskleri ve silika da tercih edilmektedir. Ek olarak, son zamanlarda erbium lazerler olan erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet (Er,Cr:YSGG) ve erbium: yttrium-aluminium-garnet (Er:YAG lazer) diş ve restorasyon yüzeyini hazırlamak amacıyla kullanılmaktadır (123,129).

Çoğu çalışma, eski kompozit rezinin yüzey pürüzlülüğünün artırılmasının tamir dayanımında etkili olduğunu ortaya koymaktadır (9,130). Yüzey pürüzlülüğünün artması ile mekanik kilitleme sağlanmaktadır (131). Bu işlem, reaksiyona girmemiş metakrilat gruplarını arttırmaktadır (100). Sonuçta, eski kompozit rezinin yüzeyel tabakası uzaklaştırılarak yüksek enerjiye sahip temiz bir bağlantı yüzeyi elde edilmiş ve doldurucu partikülleri açığa çıkarılmaktadır (131).

Elmas frez, kumlama ve air abrazyon kullanılarak yapılan pürüzlendirme işlemi ile kompozit resin yüzeyi hazırlanmış olur (132). Eğer yüzey elmas frez ile hazırlandıysa, sonrasında fosforik asit ile pürüzlendirilip, ardından özellikle kompozit resin tamirinde kullanılan adeziv sistemler kullanılabilir (2,116).

Air abrazyon, substrat yüzeyini temizlemek, yüzey topografisini değiştirmek ve bağlantının yüzey alanını, yüzey enerjisini ve ıslanabilirliği arttırmak için kullanılır. Sonrasında, silan ve ardından onunla beraber kullanılan adeziv uygulanması tavsiye edilmektedir. Ancak, alüminyum oksit partiküllerinin aspirasyon riski ve ağız dokularını tahriş etmesi nedeniyle ek önlemlere (iyi bir sakşın sistemi) ihtiyaç duyulması gibi dezavantajları vardır (2,133).

Kumlama, tribokimyasal silika kaplama sistemidir. Substrat yüzeyi, alüminyum oksit (Al_2O_3) partikülleri kullanılarak aşındırılmaktadır. Silika partikülleri ile mikoretantif alanlar oluşturur. Genelde seramik ve nanoseramiklerin, kompozit resinler ile tamirinde kullanılmaktadır (2,134).

Silan, bifonksiyonel molekülü yapıya sahiptir ve bağlanma ajanı olarak tüm kompozit resin yapılarda önemli yer tutmaktadır (135). Silan ajanının silanol grubu, silika ile modifiye edilmiş yüzeyler ile etkileşime girerken; silanın diğer ucu olan metakrilat grubu ise adeziv ve kompozit rezinin metakrilat grupları ile reaksiyona girmektedir (100,135). Silan, inorganik ve organik matriksin adezyonunu ve kontakt açısını azaltarak ıslanabilirliği sağlar (136). Eski kompozit resin materyali inorganik doldurucular içermektedir ve bu doldurucuların, tamir materyalinde yer alan organik monomerler ile bağlantısının sağlanması için tekrar silanize edilebilir. Ancak, silan kullanımı su alımını arttırabilir ve hidrolitik yıkıma neden olabilir (134,137).

Farklı tip adeziv sistemlerin kullanımı da tamir bağlanma dayanımını arttırmak için önerilmektedir. Eski kompozit resin yüzeyinin adeziv sistemler ile muamele edilmesi sonrası, yüzey ıslanabilirliği artar ve kimyasal bağlanma sağlanır. Özellikle,

air abrazyon kullanılarak tamir edilen kompozit rezin yüzeyinin bağlanma dayanımını geliştirmektedir (15,131).

Mevcut ve defektif kompozit rezin restorasyonun yüzey karakteristiğini belirleyen diğer önemli faktörler ise materyalin doldurucu partiküllerin tipi, boyutu, dağılımı, organik matriks yapısı, polimerizasyon derecesi ve sertliğidir (138,139). Tamir bağlanma dayanımını en çok etkileyen parametre, materyalin doldurucu partiküllerinin özelliğidir. Büyük doldurucu boyutuna sahip partiküller içeren kompozit rezinlerin, adeziv sistemlerin fonksiyonel monomerleri ile daha geniş alanda reaksiyonlara girdiği bilinmektedir (116). Literatürde, kompozit rezinlerin tamirinin aynı yapıdaki kompozit rezin ile yapılması tavsiye edilmektedir (20). Ancak işlemin daha önceden başka bir hekim tarafından yapıldığı durumlarda eski kompozit rezinin yapısını bilmek mümkün olmayabilir (117).

Siloran esaslı kompozit rezinlerin tamir protokolü üzerine birçok araştırma yapılmaktadır (140,141). Kompozit rezin, içeriğindeki siloksan molekülleri nedeniyle hidrofobik yapıdadır. Bu nedenle tamir işlemi esnasında hidrofobik bir adeziv sistem ile muamele edilmesi tavsiye edilmektedir (142).

Lührs ve ark., siloran esaslı kompozit rezinlerin tamirinde, metakrilat esaslı kompozit rezinlerin tamir protokollerinin uygulanabileceğini belirtmişlerdir (143). Oskoe ve ark.'nın siloran esaslı kompozitlerin yüzey hazırlama protokolünde lazer kullanımı üzerine yaptıkları çalışmanın sonucuna göre, Er,Cr:YSGG en etkili lazer tipi olarak bildirilmiştir (144). Ayrıca yüzey pürüzlendirilmesinde Er,Cr:YSGG veya elmas frez kullanımının ardından adeziv sistem uygulamasının uygun tamir bağlanma dayanımları gösterdiğini belirtmişlerdir (145). Lima ve ark., siloran esaslı kompozit rezinlerin yüzey hazırlığının elmas frez ve aluminyum oksit ile kumlama ile yapılması sonrasında benzer tamir bağlanma dayanım değerleri elde edildiğini ortaya koymuşlardır (146).

Defektif restorasyonun, siloran esaslı kompozit rezin olduğu bilinmediği durumlarda, metakrilat esaslı kompozit rezinler ile tamirinin yapılabileceği ve yeterli tamir bağlanma dayanımı gösterdiği bildirilmiştir (147,148). Metakrilat esaslı kompozit rezinlerin tamirinde siloran esaslı kompozit rezinlerin kullanılması sonucunda ise daha düşük tamir bağlanma dayanımları elde edilmektedir (20,148).

Bacchi ve ark.'nın yaptıkları çalışmalara göre, siloran esaslı kompozit rezinler, polimerizasyon sonrası siloran gruplarının daha az reaktivite göstermesi nedeniyle, metakrilat esaslı kompozit rezinlere kıyasla daha düşük tamir bağlanma dayanımı göstermektedir (19).

Loomans ve ark., yüzey hazırlama yöntemlerinden hiçbirisinin evrensel olarak kabul edilmediğini çünkü farklı tamir tekniklerinin etkilerinin materyale bağlı olduğunu belirtmişlerdir (135). Materyalin kompozisyonu bilinmediği takdirde, fosforik asit ile pürüzlendirme, kumlama (30 µm ve 50 µm boyutlarında Al₂O₃), silan ve adeziv sistemlerin uygulanması önerilmektedir (18).

Özetlemek gerekirse, farklı tip kompozit rezinler üzerine yapılan çeşitli yüzey hazırlama yöntemlerinin karşılaştırmalı çalışma sonuçlarına göre en yüksek tamir bağlanma dayanımını sağlayan tedavi yöntemi hakkında herhangi bir görüş birliği sağlanamamıştır (113,116,132).

Tamir işleminin klinik başarısı

Çoğu araştırmacı defektif restorasyonların bitirme ve parlatma işlemleri veya takibi sonrasında klinik ömürlerinin belirgin şekilde uzadığını bildirmişlerdir (116,149–151). Öte yandan sistematik bir derlemeye göre, kompozit rezin tamirinin avantajlı olduğuna dair bilimsel bir kanıt bulunmamaktadır (152). Literatürde, Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT)'a göre yapılan randomize klinik çalışmalar ışığında bir fikir birliğine varılamamışken, sadece klinik çalışmalar araştırmacılara uygun ve uzun ömürlü tamir restorasyonlar elde etmek için yol gösterici olmuştur (153).

İn vivo çalışmalar, kompozit rezin restorasyon tamirinin uygulanabilir olduğunu ve tamir edilen restorasyonların uzun dönem klinik başarı gösterdiğini ortaya koymaktadır (150,154,155). Frencken ve ark.'nın yaptıkları çalışmanın sonucuna göre, restorasyonların değiştirilmesi veya tamiri arasında uzun dönem klinik başarı açısından fark olmadığı bilinmektedir (156). Başka bir randomize klinik çalışmada ise 10 yıllık takip sonrası tamir kompozit rezin restorasyonun, değiştirilmesine benzer klinik performans sergilediği ortaya konulmuştur (107). Tamir edilen restorasyonların, değiştirilmesine kıyasla benzer veya artmış ömre sahip oldukları belirtilmiştir (149,157). Bu çalışmaların bazıları, 7 yıllık gözlem periodu sonrasında tamir restorasyonlarının klinik olarak kabul edilebilir olduğunu tespit etmiştir (118,158).

Opdam ve ark. yürüttükleri retrospektif çalışmada ise kompozit rezin restorasyon tamiri sonrası yıllık başarısızlık oranının %5.7 olduğu bildirilmişlerdir (150).

Kısacası, defektif restorasyonların tedavisinde öncelikle takip, bitirme/parlatma ve tamir işlemlerinin düşünülmesi gerektiği bilinmektedir. Restorasyon değişimi ise en son düşünülecek tedavi seçeneği olmalıdır (2).



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu araştırma, Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu tarafından onaylanmış (Proje no: D-DA17/02), Başkent Üniversitesi Araştırma Fonu'na desteklenmiştir.

Deney grubu örnekleri, klinikte uygulanan kompozit rezin restorasyon tamirini taklit edecek şekilde restorasyon materyali, adeziv sistem ve tamir materyalinden oluşurken; kontrol grubu örnekleri sadece restorasyon materyalinden elde edilmiştir. Deney gruplarının tasarımında şu kriterler dikkate alınmıştır:

1. Adeziv sistem
2. Tamir materyali

Çalışmada kullanılan materyaller, Tablo 3.1'de özetlenmiştir.

3.1. Örneklerin Hazırlanması

Bu in vitro çalışmada, plastik kalıplar kullanılarak IVW rengine Tetric EvoCeram Bulk Fill (Ivoclar, Vivadent, Liechtenstein) kompozit rezinden, 5 mm çapta ve 4 mm yükseklikte silindir şeklinde 120 adet deney grubu örneği hazırlanmıştır (Şekil 3.1.1.). Bulk fill kompozit rezin, plastik kalıplar içerisine tek tabaka halinde uygulanmıştır (Şekil 3.1.2.). Düz bir yüzey elde etmek için örneklerin üst yüzeyi Mylar matris bandı (Universal Strip, DML, Almanya) ile örtülmüş ve üzerine cam lamel ile bastırılmıştır. Üreticinin talimatları doğrultusunda ışık yayan diyot (LED) ışık cihazı (Woodpecker, Tip B, Curing Light, Çin) ile 1000 mW/cm² çıkış gücünde restorasyon materyali 20 saniye (sn) boyunca polimerize edilmiştir. Işıkla polimerizasyon sonrası, cam lamel ve plastik kalıplar uzaklaştırılmıştır ve örnekler tekrar 20 sn süre ile ışıkla polimerize edilmiştir.

Kontrol grubu (koheziv grup) için, 5 mm çapta ve 8 mm yükseklikte plastik kalıplar kullanılarak IVW rengine Tetric EvoCeram Bulk Fill kompozit rezinden 15 adet silindir şeklinde örnek hazırlanmıştır. İnkremental teknik kullanılarak, bulk fill kompozit rezin her tabaka 4 mm olacak şekilde iki tabaka halinde plastik kalıplar içerisine yerleştirilmiştir. Her tabaka, üreticinin talimatları doğrultusunda daha önceden bahsedilen şekilde ışık cihazı ile 20 sn boyunca polimerize edilmiştir. İkinci

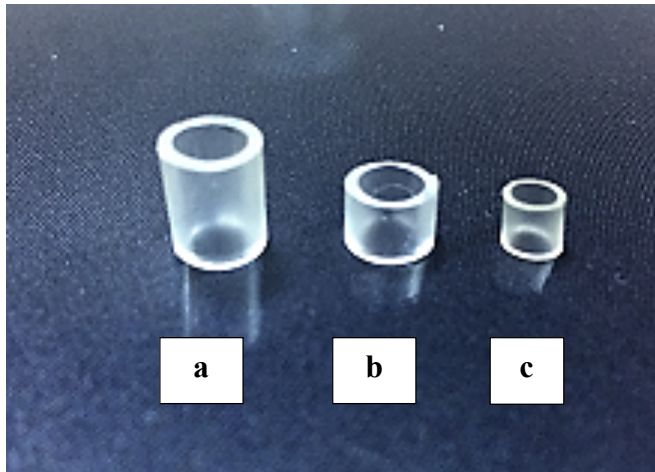
Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan tüm materyallerin ismi, seri numarası, kompozisyonu görülmektedir.

	Materyal	Firma (Menşei)	Seri No	Kompozisyon
Adeziv Sistemler	Tetric N-Bond Universal (pH= 2.5-3)	Ivoclar Vivadent (Schaan Liechtenstein)	V131118	Metakrilat, etanol, su, silikon dioksit, başlatıcı, stabilizatör.
	Clearfil SE Bond (pH= 1.9)	Kuraray (Okayama, Japonya)	AR0356	primer: 10-MDP, HEMA, su kamforokinon hidrofilik dimetakrilat bonding: 10-MDP, HEMA, Bis-GMA, kamforokinon, hidrofobik dimetakrilat, N,N-dietanol, koloidal silika, p-toluidine bond.
	Adper™ Single Bond 2 (pH= 4.3)	3M ESPE (St.Paul, MN,ABD)	N751196	Bis-GMA, HEMA, dimetakrilat, etanol, su, foto başlatıcı, poliakrilik asidin metakrilat fonksiyonel kopolimeri, Ağırlıkça %10'luk 5nm boyutunda silika doldurucu
Kompozit Rezinler	Tetric EvoCeram Bulk Fill	Ivoclar Vivadent (Schaan Liechtenstein)	V09153	<u>Organik Matris Kompozisyonu :</u> Dimetakrilat ko-monomerleri <u>İnorganik Doldurucu Partikülleri:</u> Ağırlıkça %80 Baryum cam, iterbiyum trifluorid, karışık oksit ve prepolimer. partikül boyutu 550 nm.
	Tetric EvoCeram Nanohibrit	Ivoclar Vivadent (Schaan Liechtenstein)	U34037	<u>Organik Matris Kompozisyonu :</u> (ağırlıkça %19-20) Bis-GMA, UDMA, TEG-DMA, Bis-EMA <u>İnorganik Doldurucu Partikülleri:</u> (ağırlıkça %80-81) Baryum cam, iterbiyum trifluorid, karışık oksit ve kopolimerler. partikül boyutu 0.7 µm.
Asit	Scotchbond™ Universal Etchant	3M ESPE (St.Paul, MN,ABD)	614453	Ağırlıkça %32 fosforik asit, %60 su, %5'lik sentetik amorföz silika (kalınlaştırıcı ajan)

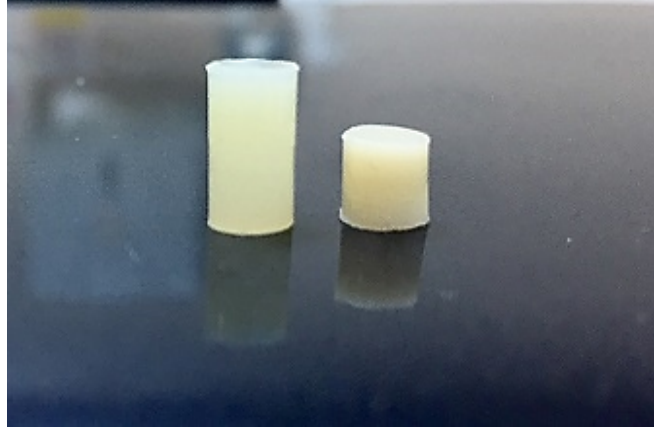
tabakanın polimerizasyonu öncesi, örneklerin üst yüzeyi Mylar matris bandı ile örtülmüş ve üzerine cam lamel ile bastırılarak düz bir yüzey elde edilmiştir. Üreticinin talimatları doğrultusunda 20 sn boyunca ışık cihazı ile polimerize edilmiştir. Örneklerin polimerizasyonu sonrası cam lamel ve plastik kalıplar uzaklaştırılmış, tekrar 20 sn süre ile ışıkla polimerizasyonu sağlanmıştır (Şekil 3.1.3.). Tüm bulk fill kompozit rezin örnekler, 24 saat boyunca distile suda bekletilmiştir.



Şekil 3.1.1. Restoratif materyal olarak kullanılan kompozit rezin.



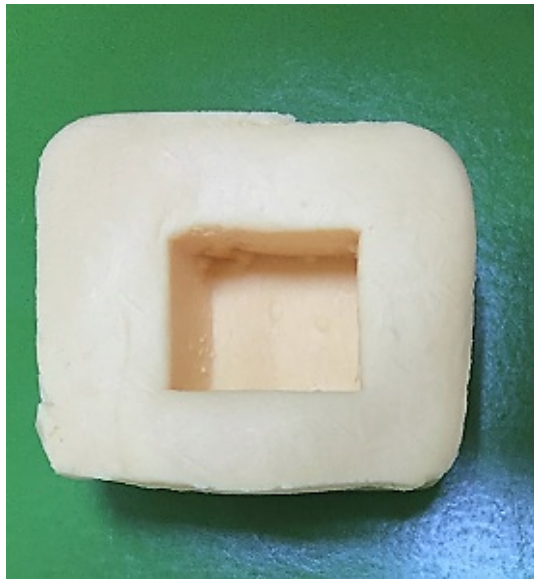
Şekil 3.1.2. Plastik kalıplar. (a): 5mm çapta, 8mm yükseklikte. (b): 5mm çapta, 4mm yükseklikte. (c): 3mm çapta 4mm yükseklikte.



Şekil 3.1.3. Elde edilen örnekler.

3.2. Örneklerin Akrilik Bloklara Gömülmesi

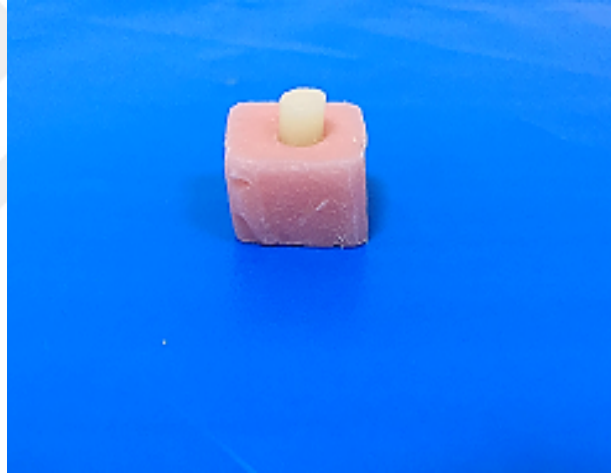
15 mm x 15 mm x 10 mm boyutlarında silikon ölçü materyalinden (Optosil putty ve Universal Plus Aktivatör, Heraeus Kulzer, Almanya) hazırlanan kalıplar içerisine, toz ve likitin karıştırılması ile elde edilen soğuk akrilik karışım (Meliodent, Heraeus Kulzer, Almanya) dökülmüştür (Şekil 3.2.1.). Hazırlanan deney örnekleri, bu polimerize olmamış akrilik yapı içerisine üst yüzeyi açıkta kalacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 3.2.2). Kontrol grubu örnekleri ise bu polimerize olmamış akrilik yapı içerisine 4 mm yüksekliğe kadar gömülü kalacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 3.2.3.). Deney grubu örnekleri daha sonra, 8 alt gruba ayrılmıştır (n=15).



Şekil 3.2.1. Silikon ölçü modeli.



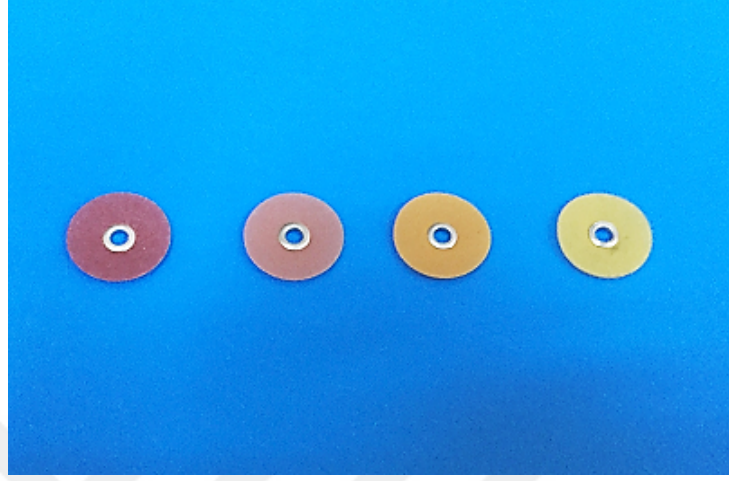
Şekil. 3.2.2. Deney grubu örnekleri üst yüzeyi açıkta kalacak şekilde gömülmüştür.



Şekil 3.2.3. Koheziv grup örneği.

Tüm örnekler, akrilik rezin içerisine gömüldükten sonra, deney grubunda yer alan bulk fill kompozit rezin yüzeylerine kalın grenliden ince grenliye (kırmızıdan sarıya) doğru cilalama diskleri (Sof-Lex, 3M ESPE, A.B.D.) ile bitirme ve parlatma işlemi uygulanmıştır (Şekil 3.2.4.). Her beş örnekte bir diskler yenilenmiş ve her örneğe 6 kez değiştirilerek işlem tamamlanmıştır (Şekil 3.2.5.). Örnekler, 24 saat boyunca oda sıcaklığında distile suda bekletilmiştir. Sonrasında, 5⁰C ile 55⁰C’de (batırılma süresi=25 sn, transfer süresi=10 sn) termal siklus cihazının su havuzlarında

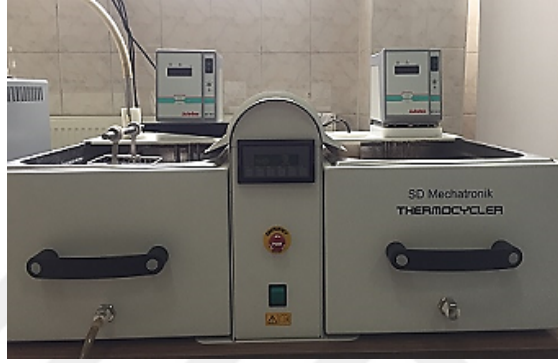
(SD Mechatronik Termocycler THE-1100, Almanya) 5000 döngüye tabi tutularak yaşlandırılmıştır (Şekil 3.2.6.).



Şekil 3.2.4. Cilalama diskleri.



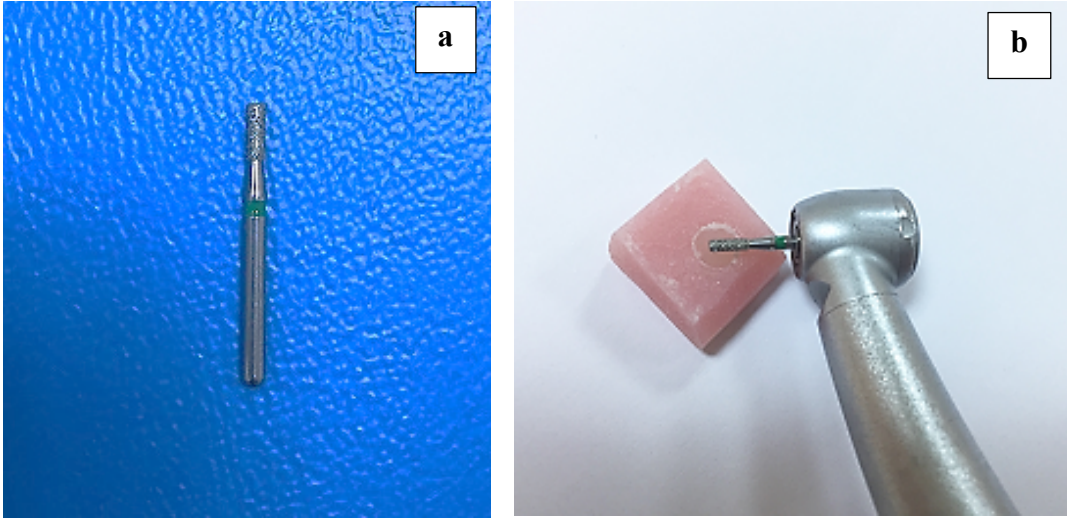
Şekil 3.2.5. Bitirme ve parlatma işlemi uygulanmış deney örnekleri.



Şekil 3.2.6. Termal siklus cihazı.

3.3. Deney Grubu Örneklerinin Yüzey Hazırlığı

Termal siklus cihazında yaşlandırılan tüm örneklere (kontrol grubu hariç), kalın grenli (yeşil bantlı) elmas fissur frez (FC Diamond, GZ Instrumente, Avusturya) ile su soğutması altında yüzey aşındırılması yapılmıştır (Şekil 3.3.1.a. ve Şekil 3.3.1.b.). Her kompozit rezin örneğin yüzey aşındırılması; aerotör ucuna takılan elmas frez, restorasyon materyali yüzeyine paralel olarak tutulup, yüzeye baskı yapmadan 3 kez değdirilerek tamamlanmıştır (Şekil 3.3.2.). Her 5 örnekte bir frez değiştirilmiştir.



Şekil 3.3.1. Yüzey aşındırmasında kullanılan kalın grenli elmas fissur frez (a) ve örnek yüzeylerinin elmas frez ile aşındırılması (b).



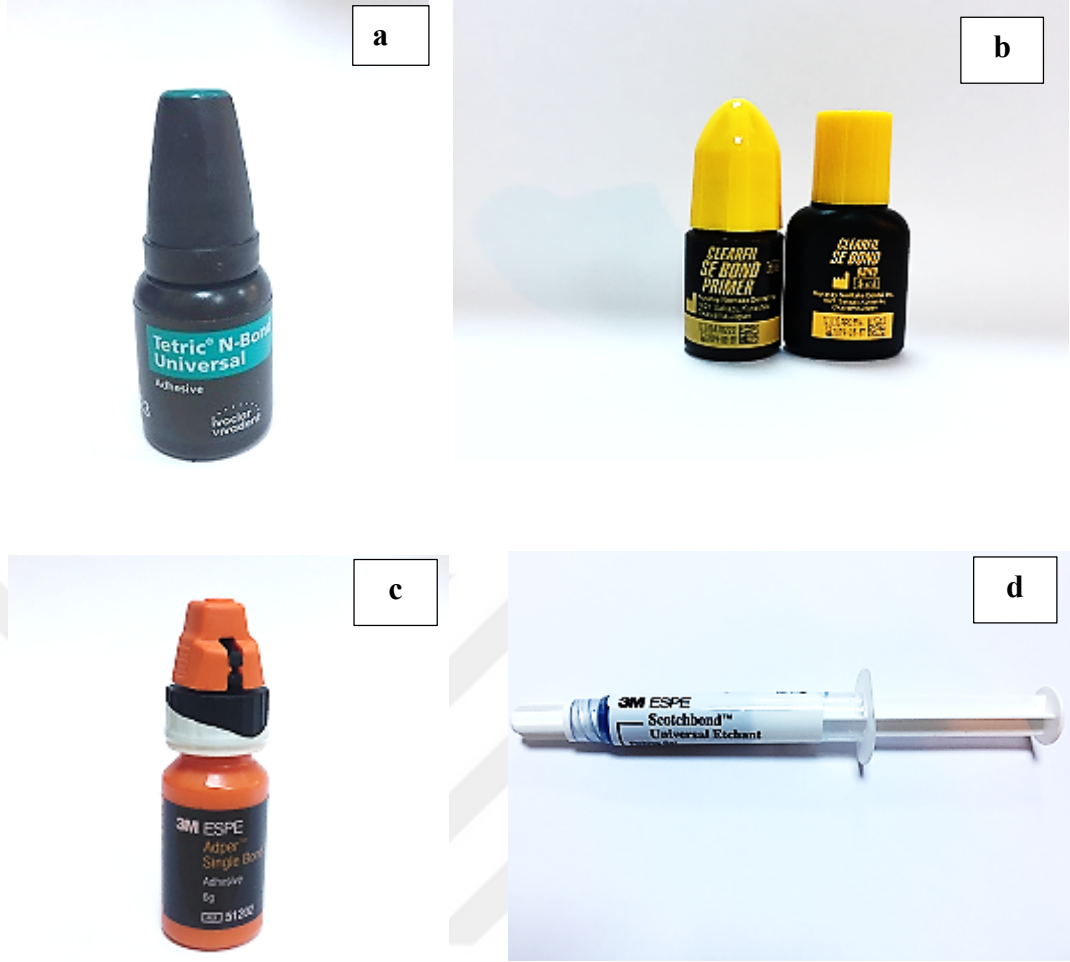
Şekil 3.3.2. Frezle aşındırılan örnekler.

3.4. Tamir Materyalinin Restorasyon Materyaline Bağlanması

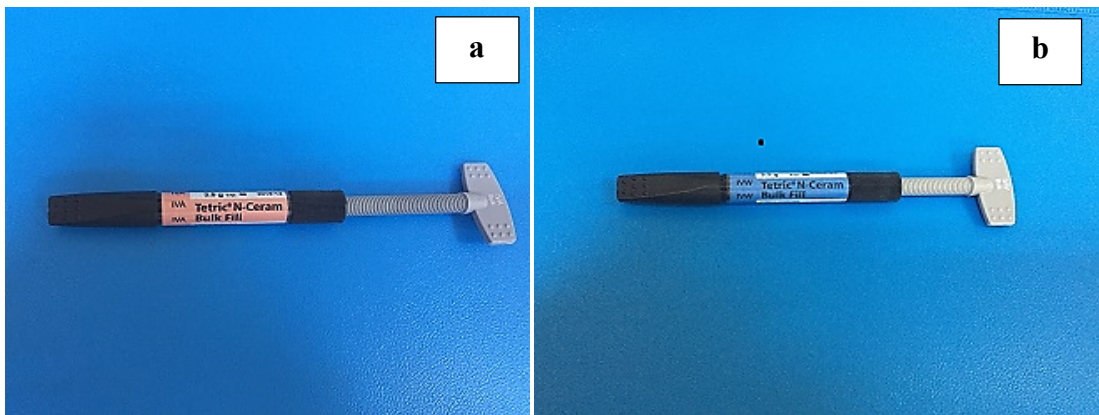
Tüm araştırma grupları, Tablo 3.4.1.'de sunulmuştur. Tüm materyaller, üretici talimatlarına göre uygulanmıştır. Şekil 3.4.1. ve Şekil 3.4.2.'de tamir işlemi sırasında kullanılan adeziv sistemler ve kompozit rezinler görülmektedir.

Tablo 3.4.1. Örnek restorasyon grupları.

	Restoratif Materyal	Adeziv Sistem	Tamir Materyali
GRUP A	Tetric EvoCeram Bulk Fill (IVW)	Tetric N-Bond Universal (self-etch) TSE	Tetric EvoCeram Bulk Fill (IVA) BF
GRUP B	Tetric EvoCeram Bulk Fill (IVW)	Tetric N-Bond Universal (etch&rinse) TER	Tetric EvoCeram Bulk Fill (IVA) BF
GRUP C	Tetric EvoCeram Bulk Fill (IVW)	Tetric N-Bond Universal (self-etch) TSE	Tetric EvoCeram Nanohibrit (A _{3,5}) NH
GRUP D	Tetric EvoCeram Bulk Fill (IVW)	Tetric N-Bond Universal (etch&rinse) TER	Tetric EvoCeram Nanohibrit (A _{3,5}) NH
GRUP E	Tetric EvoCeram Bulk Fill (IVW)	Clearfil SE Bond (self-etch) CSE	Tetric EvoCeram Bulk Fill (IVA) BF
GRUP F	Tetric EvoCeram Bulk Fill (IVW)	Clearfil SE Bond (self-etch) CSE	Tetric EvoCeram Nanohibrit (A _{3,5}) NH
GRUP G	Tetric EvoCeram Bulk Fill (IVW)	Adper™ Single Bond 2 (etch&rinse) SB	Tetric EvoCeram Bulk Fill (IVA) BF
GRUP H	Tetric EvoCeram Bulk Fill (IVW)	Adper™ Single Bond 2 (etch&rinse) SB	Tetric EvoCeram Nanohibrit (A _{3,5}) NH
GRUP I (kontrol)	Tetric EvoCeram Bulk Fill (IVW)		



Şekil 3.4.1. Tamir işlemi için kullanılan adeziv sistemler. Yeni nesil tek aşamalı tek aşamalı self-etch sistem (a), iki aşamalı self-etch adeziv sistem (b), etch&rinse adeziv sistem (c), fosforik asit ajanı (d).



Şekil 3.4.2. Tamir işlemi için kullanılan kompozit rezinler. Bulk fill kompozit rezin (a), nanohibrit kompozit rezin (b).

Grup A ve Grup C’de, yeni nesil tek aşamalı multi-mode adeziv olan Tetric N-Bond Universal (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) self-etch adeziv sistemi kullanılmıştır (Şekil 3.4.1.a.). Adeziv, bond fırçası yardımıyla 20 sn süre ile bastırılarak tatbik edilmiş ve orta kuvvette hava ile kurutulduktan sonra parlak ince bir film tabakası elde edilmiştir. 10 sn süre ile LED ışık cihazı ile 1000 mW/cm² çıkış gücünde polimerize edilmiştir (Şekil 3.4.3.). Daha sonra Grup A’daki deney örneklerine 3 mm çapta ve 4 mm yükseklikte plastik kalıplar kullanılarak IVA rengindeki Tetric EvoCeram Bulk Fill kompozit rezin (Şekil 3.4.2.a.) tek tabaka halinde uygulanmıştır ve 20 sn süre ile LED ışık cihazı ile polimerize edilmiştir. Plastik kalıplar uzaklaştırıldıktan sonra tekrar ışıkla polimerizasyonu sağlanmıştır. Grup C’deki deney örneklerine ise A_{3,5} rengindeki Tetric EvoCeram Nanohibrit kompozit rezin (Şekil 3.4.2.b.) iki tabaka halinde uygulanmıştır. Her bir tabaka 20 sn süre ile LED ışık cihazı ile polimerize edilmiştir. Plastik kalıplar uzaklaştırıldıktan sonra tekrar ışıkla polimerizasyonu sağlanmıştır.

Grup B ve Grup D’de yer alan örneklere, Tetric N-Bond Universal adeziv sistemi, etch&rinse modunda uygulanmıştır. Örnek yüzeyleri, öncelikle %32’lik fosforik asit içeren Scotchbond Universal Etchant (3M ESPE, St.Paul, MN, ABD) ile 15 sn boyunca pürüzlendirilmiştir (Şekil 3.4.1.d.) (Şekil 3.4.4.a. ve Şekil 3.4.4.b.). Örnekler, 10 sn süre ile yıkanmış ve hafif nemli kalacak şekilde 5 sn hava ile kurutulmuştur. Daha sonra Tetric N-Bond Universal adeziv sistemi, Grup A ve C’de daha önce belirtildiği şekilde yüzeylere uygulanmıştır ve 10 sn süre ile LED ışık cihazı kullanılarak polimerize edilmiştir (Şekil 3.4.5.). Grup B’deki deney örneklerine IVA rengindeki Tetric EvoCeram Bulk Fill kompozit rezin Grup A’da belirtildiği şekilde, Grup D’deki deney örneklerine ise A_{3,5} rengindeki Tetric EvoCeram Nanohibrit kompozit rezin Grup C’de belirtildiği şekilde uygulanmıştır (Şekil 3.4.6.).

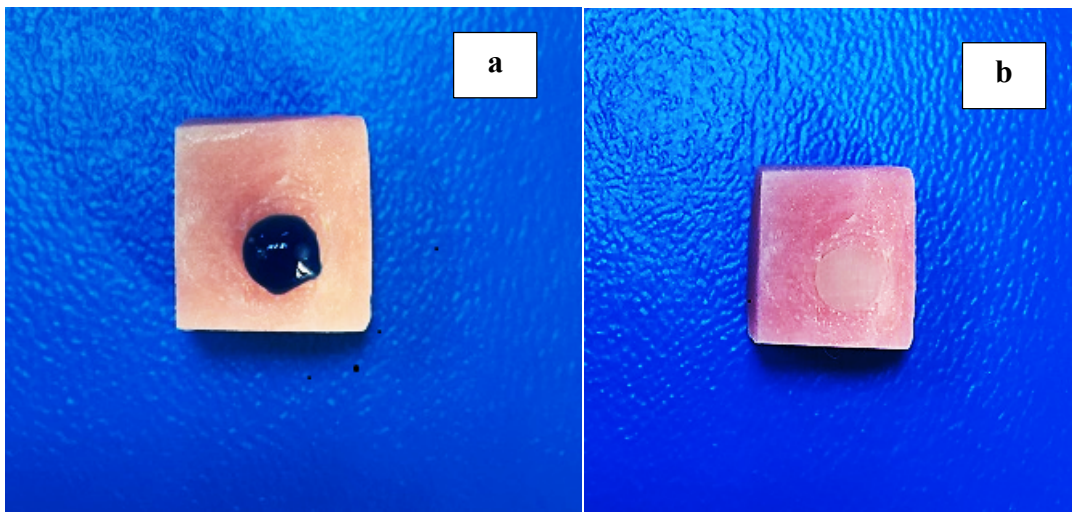
Grup E ve Grup F’de, iki aşamalı self-etch adeziv sistemi olan Clearfil SE Bond (Kuraray, Japonya) uygulanmıştır (Şekil 3.4.1.b.). Birinci şişe olan primer, bond fırçası ile yüzeye 20 sn bastırılarak sürülmüş ve hava ile orta kuvvette kurutulmuştur. Sonra, ikinci şişe olan adeziv, bond fırçası yardımıyla yüzeye ince bir tabaka şeklinde uygulanmış ve hava ile hafifçe inceltirilmiştir. LED ışık cihazı ile 10 sn boyunca ışıkla polimerize edilmiştir. Grup E’de yer alan örneklerin tamir restorasyonu IVA

rengindeki Tetric EvoCeram Bulk Fill kompozit rezin ile; Grup F'dekilerin ise A_{3,5} rengindeki Tetric EvoCeram Nanohibrit kompozit rezin ile yapılmıştır.

Grup G ve Grup H'de, Adper™ Single Bond 2 (3M ESPE, St.Paul, MN, ABD) etch&rinse adeziv sistemi kullanılmıştır (Şekil 3.4.1.c.). Öncelikle, Scotchbond Universal Etchant daha önce bahsedildiği şekilde uygulanmıştır. Daha sonra, Adper™ Single Bond 2 adeziv sistemi, bond fırçası ile örnek yüzeylerine 2 tabaka halinde 15 sn boyunca sürülmüştür. Hava ile hafifçe inceltilmiştir. LED ışık cihazı ile 10 sn boyunca ışıkla polimerize edilmiştir. Grup G'de yer alan örneklerin tamir restorasyonu IVA rengindeki Tetric EvoCeram Bulk Fill kompozit rezin ile; Grup H'dekilerin ise A_{3,5} rengindeki Tetric EvoCeram Nanohibrit kompozit rezin ile yapılmıştır.



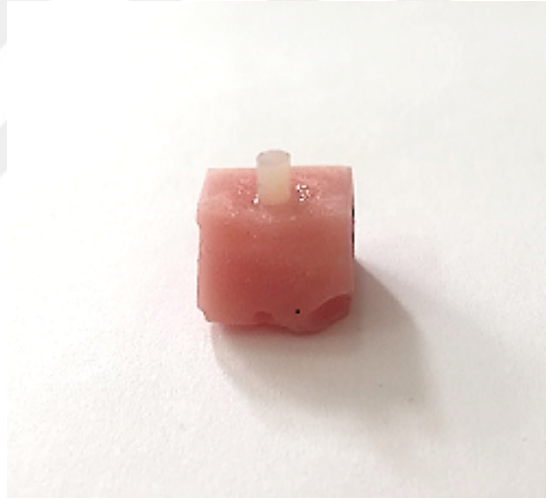
Şekil 3.4.3. LED ışık cihazı.



Şekil 3.4.4. Örneğin asit ile pürüzlendirilmesi (a) ve asitle pürüzlendirme sonrası (b).



Şekil 3.4.5. Adeziv sistem uygulanmış örnek



Şekil 3.4.6. Tamir restorasyonun örnek yüzeyine bağlanması.

Tüm deney ve kontrol grubu örnekleri, her örnek grubu ayrı olacak şekilde 24 saat boyunca oda sıcaklığında distile suda bekletilmiştir. Sonrasında, 5⁰C ile 55⁰C'de termal siklus cihazında (batırılma süresi=25 sn, transfer süresi=10 sn) 5000 döngüye tabi tutularak yeniden yaşlandırılmıştır.

3.5. Örneklerin Makaslama Bağlanma Dayanım Değerlerinin Universal Test Cihazında Ölçülmesi

Yaşlandırılan tüm örnekler, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı bünyesinde bulunan Lloyd Lrx (Lloyd Instruments, A.B.D.) universal test cihazına makaslama kuvvet dayanımlarını ölçmek için bağlanmıştır. (Şekil 3.5.1.) Cihazın hareketli, kuvvet uygulayacak uç kısmının, deney grubu örneklerinde iki restoratif materyalin adezyon yüzeyine ve kontrol grubu örneklerinin kompozit rezinin akrilik ile birleştiği noktaya rahatça yaklaşabilmesi için, önceden ucun yaklaştığı taraftaki akrilik kısım özel piyasamen frezi (Horico, Berlin, Almanya) ile yuvarlatılmıştır (Şekil 3.5.2.).

Örnekler, test cihazının makaslama kuvveti uygulayan düzeneğine sabitlenmiştir. Cihazın keski şeklindeki uç kısmı 1 mm/dk piston başlığı hızına ayarlanmıştır. Cihaz, tamir ara yüzeyine örnekler kırılncaya kadar kuvvet uygulamıştır (Şekil 3.5.3.). Her kırma işlemi sonrası elde edilen kuvvet verileri, özel program aracılığıyla bağlı olduğu bilgisayara aktarılmıştır. Kırılma sırasında elde edilen değerler “Newton” (N) cinsinden kaydedilmiştir. Makaslama bağlanma dayanım değerleri, bağlanma alanlarına göre Newton’dan Megapaskal (MPa)’a çevrilmiştir. Megapaskal değerlerini hesaplamak için şu formül kullanılmıştır:

$$\text{MPa} = \text{N}/\text{A}$$

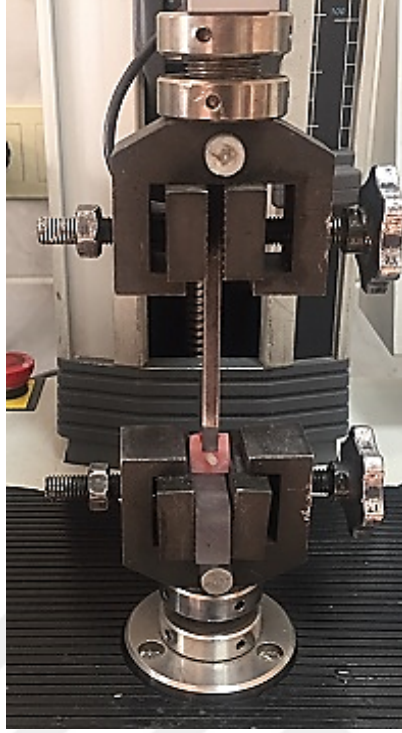
A= bağlanma alanı

Yüzey alanları şu şekilde hesaplanmıştır:

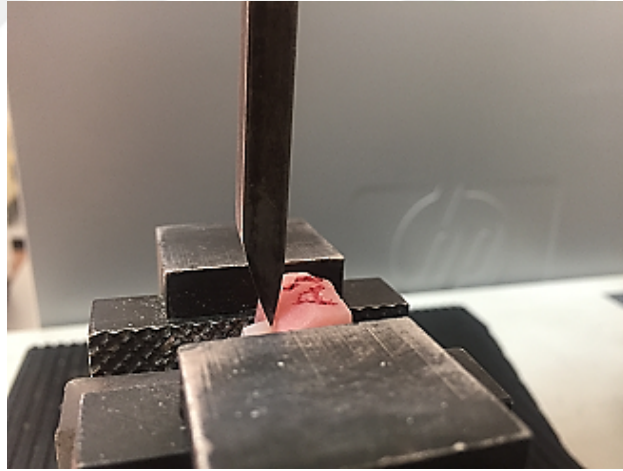
$$A = \pi r^2$$

r = yarıçap

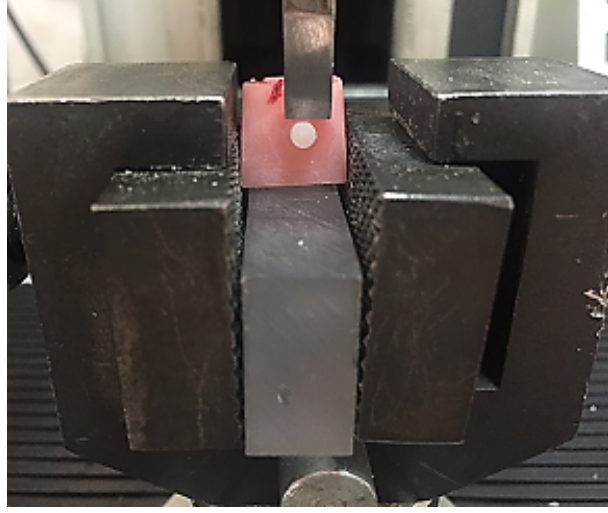
π = 3.14



Şekil 3.5.1. Universal test cihazı.



Şekil 3.5.2. Cihaz ucunun önceden yuvarlatılmış akril taraftan örneğe yaklaşması.



Şekil 3.5.3. Cihaz ucunun örneğe kuvvet uygulanması.

3.6. Örneklerin Kırılma Yüzeylerinin İncelenmesi

Tüm kırılan örneklerin kırılma yüzeylerinin başarısızlık tipleri, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı bünyesinde bulunan stereomikroskop (Leica MZ 21, Leica Microsystems, Almanya) ile 10 kez büyütme altında yapılarak tespit edilmiştir (Şekil 3.6.1.) Başarısızlık tipleri hem restoratif materyal hem de tamir materyali yüzeyinde aşağıdaki sınıflandırmaya göre incelenmiştir:

- **Adeziv:** Başarısızlık, restoratif materyal ve tamir materyalinin bağlanma ara yüzeyinde meydana gelmiştir.
- **Restoratif materyalde koheziv:** Başarısızlık, restoratif materyalin içerisinde meydana gelmiştir.
- **Tamir materyalinde koheziv:** Başarısızlık, tamir materyalinin içerisinde meydana gelmiştir.
- **Restoratif materyalde karma:** Hem restoratif materyalde hem de bağlanma ara yüzeyinde meydana gelmiştir.
- **Tamir materyalinde karma:** Hem tamir materyalinde hem de bağlanma ara yüzeyinde meydana gelmiştir.



Şekil 3.6.1.Stereomikroskop.

3.7. İstatistiksel Analiz

Tüm örneklerin makaslama bağlanma dayanımlarının ortalama ve standart sapma değerlerinin istatistiksel analizi, iki yönlü varyans analizi ile yapılmıştır. Gruplar arası ikili karşılaştırmalar Bonferroni testi ile yapılmıştır. Anlamlılık düzeyi $p \leq 0,05$ olarak belirlenmiştir. Veriler, Windows için IBM Statistical Package for Social Sciences (SPSS) 22 software programı kullanılarak analiz edilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Makaslama Bağlanma Dayanım Değerleri

Bulk fill kompozit rezinden hazırlanan ve yaşlandırılan, farklı tip kompozit rezinler ve adeziv sistemler kullanılarak tamiri yapılan örneklerin ve kontrol grubu örneklerinin, yaşlandırılmasının ardından uygulanan makaslama bağlanma testi sonrası elde edilen ortalama dayanım değerleri ve standart sapmaları Tablo 4.1.1’de sunulmuştur.

Tablo 4.1.1. Çalışma gruplarının tamir bağlanma dayanımlarının MPa cinsinden standart sapmaları ve ortalama değerleri.

Örnek grubu	n	Makaslama bağlanma dayanımı (MPa)	Standart sapma (MPa)	Minimum (MPa)	Maximum (MPa)
Grup A <i>TSE + BF</i>	15	24.69	4.82	16.20	32.67
Grup B <i>TER + BF</i>	15	25.86 ^b	5.73	11.65	34.14
Grup C <i>TSE + NH</i>	15	20.69	7.17	8.49	33.92
Grup D <i>TER+ NH</i>	15	20.40	3.70	14.15	29.55
Grup E <i>CSE + BF</i>	15	27.04 ^b	4.93	19.03	34.61
Grup F <i>CSE+ NH</i>	15	22.08	6.36	10.18	33.65
Grup G <i>SB + BF</i>	15	24.48	6.95	12.55	34.35
Grup H <i>SB+ NH</i>	15	18.74 ^a	6.40	7.42	34.01
Grup I <i>kontrol</i>	15	22.05	7.14	10.71	39.84

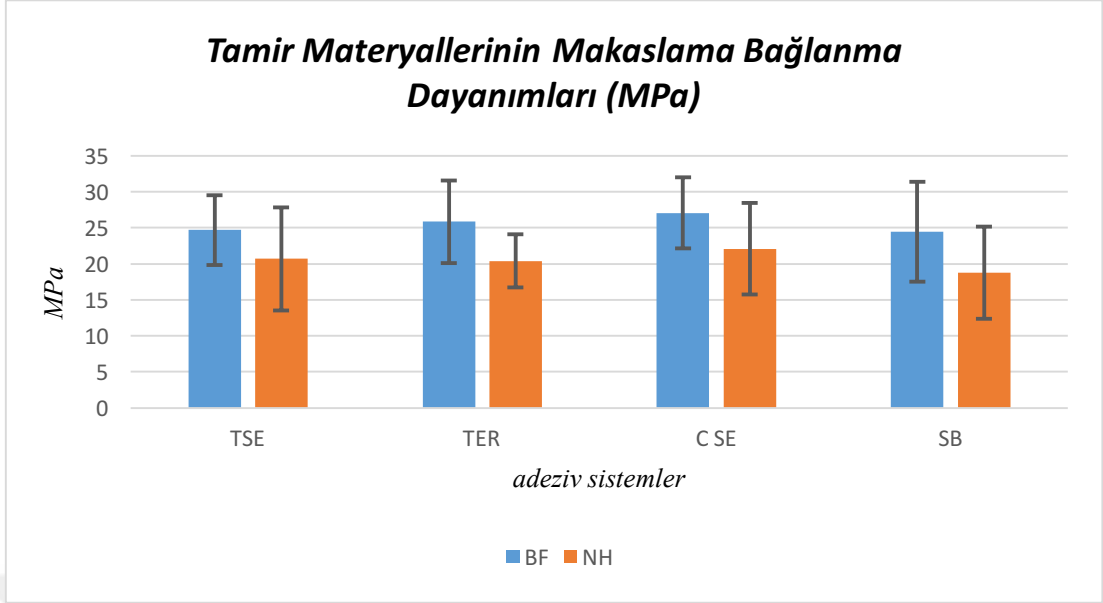
TSE: Tetric N-Bond Universal self-etch modu, **TER:** Tetric N-Bond Universal etch&rinse modu, **CSE:** Clearfil SE Bond, **SB:** Adper™ Single Bond 2, **BF:** Tetric EvoCeram Bulk Fill, **NH:** Tetric EvoCeram Nanohibrit.

*Farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı farkları işaret etmektedir. ($p < 0.05$)

Kontrol grubu ve deney gruplarının ortalama makaslama bağlanma dayanım değerleri normal dağılım göstermiştir. İki yönlü varyans analizi sonucu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermiştir. ($p=0.003$) Bonferroni testi yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda ise, Grup H (SB+NH) (18.74 ± 6.40 MPa) ile Grup B (TER+BF) (25.86 ± 5.73 MPa) ($p = 0.040$) ve Grup E (CSE+BF) (27.04 ± 4.93 MPa) ile Grup H (SB+NH) (18.74 ± 6.40 MPa) ($p = 0.007$) arasında tamir bağlanma dayanımları açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Bu bulgular ışığında, Grup E (CSE+BF) (27.04 ± 4.93 MPa), diğer örnek gruplarına kıyasla, istatistiksel olarak anlamlı olmasa da, en yüksek ortalama makaslama bağlanma dayanım değeri göstermiştir. Bunu takip eden ortalama makaslama bağlanma dayanım değerleri sırasıyla azalan şekilde; Grup B (TER+BF) (25.86 ± 5.73 MPa), Grup A (TSE+BF) (24.69 ± 4.82 MPa), Grup G (SB+BF) (24.48 ± 6.95 MPa), Grup F (CSE+NH) (22.08 ± 6.36 MPa), Grup I (kontrol) (22.05 ± 7.14 MPa), Grup C (TSE+NH) (20.69 ± 7.17 MPa), Grup D (TER+NH) (20.40 ± 3.70 MPa) örneklerinde görülmektedir. Grup H (SB+NH) (18.74 ± 6.40 MPa), diğer örnek gruplarına kıyasla en düşük ortalama makaslama bağlanma dayanım değeri göstermiştir.

Bulk fill kompozit rezin ile tamiri yapılan örnekler, farklı tip adeziv sistem uygulandığı zaman, nanohibrit kompozit rezin ile tamiri yapılan örneklere kıyasla, istatistiksel olarak anlamlı olmasa da daha yüksek ortalama makaslama bağlanma dayanım değerlerine sahiptir (Şekil 4.1.1.).



Şekil 4.1.1. Bulk fill kompozit rezinler ve nanohibrit kompozit rezinler tamir materyali olarak kullanıldığında, adeziv sistemlere göre ortalama makaslama bağlanma dayanımları ve standart sapmaları (MPa).

TSE: Tetric N-Bond Universal self-etch modu, **TER:** Tetric N-Bond Universal etch&rinse modu, **CSE:** Clearfil SE Bond, **SB:** Adper™ Single Bond 2, **BF:** Tetric EvoCeram Bulk Fill, **NH:** Tetric EvoCeram Nanohibrit.

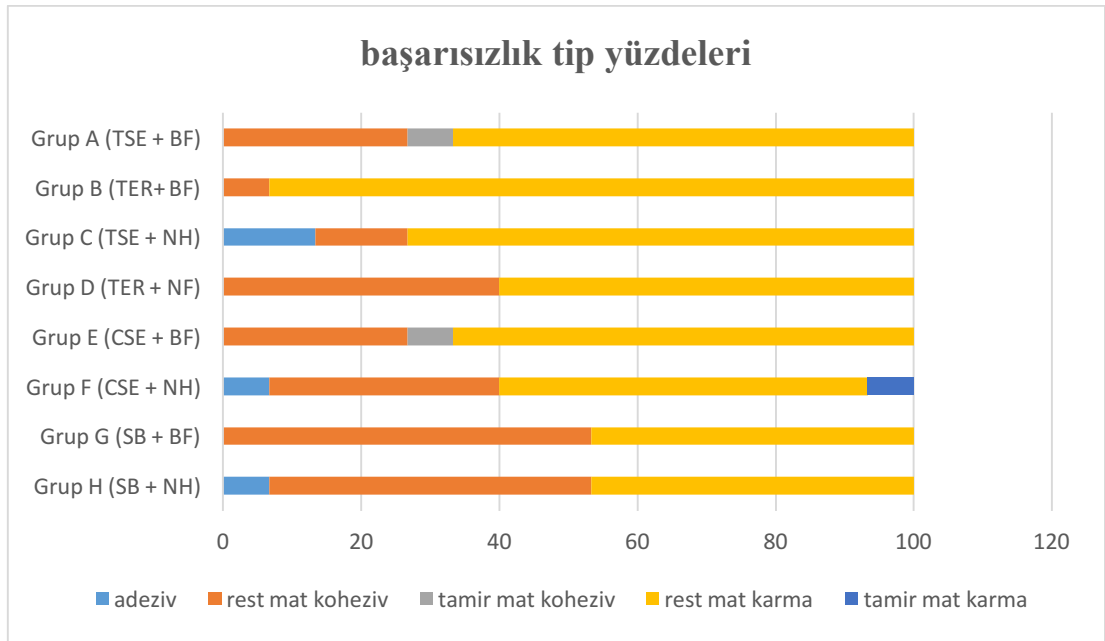
4.2. Kırılan Örneklerin Başarısızlık Analizi

Deney grubu örneklerinin makaslama bağlanma dayanım testi sonucu oluşan başarısızlık tipleri stereomikroskop altında 10 kez büyütmede incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında, aşağıdaki başarısızlık oranları tespit edilmiştir (Tablo 4.2.1.) (Şekil 4.2.1.).

Tablo 4.2.1. Kırılan örneklerin, stereomikroskop altında tespit edilen başarısızlık tip dağılımları.

Örnek Grubu	Adeziv (%)	Koheziv (%) (Rest. Mat.)	Koheziv (%) (Tamir Mat.)	Karma (%) (Rest. Mat.)	Karma (%) (Tamir Mat.)	Toplam
Grup A <i>TSE + BF</i>	0	26.66	6.66	66.66	0	100
Grup B <i>TER + BF</i>	0	6.66	0	93.33	0	100
Grup C <i>TSE + NH</i>	13.33	13.33	0	73.33	0	100
Grup D <i>TER + NH</i>	0	40	0	60	0	100
Grup E <i>CSE + BF</i>	0	26.66	6.66	66.66	0	100
Grup F <i>CSE + NH</i>	6.66	33.33	0	53.33	6.66	100
Grup G <i>SB + BF</i>	0	53.33	0	46.66	0	100
Grup H <i>SB+ NH</i>	6.66	46.66	0	46.66	0	100

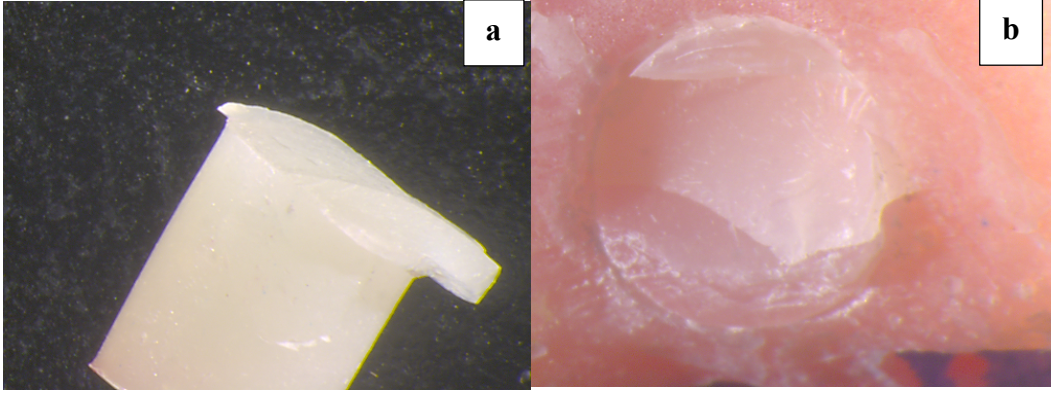
TSE: Tetric N-Bond Universal self-etch modu, **TER:** Tetric N-Bond Universal etch&rinse modu, **CSE:** Clearfil SE Bond, **SB:** Adper™ Single Bond 2, **BF:** Tetric EvoCeram Bulk Fill, **NH:** Tetric EvoCeram Nanohibrit, **Rest. Mat:** Restorasyon materyali, **Tamir Mat:** Tamir materyali



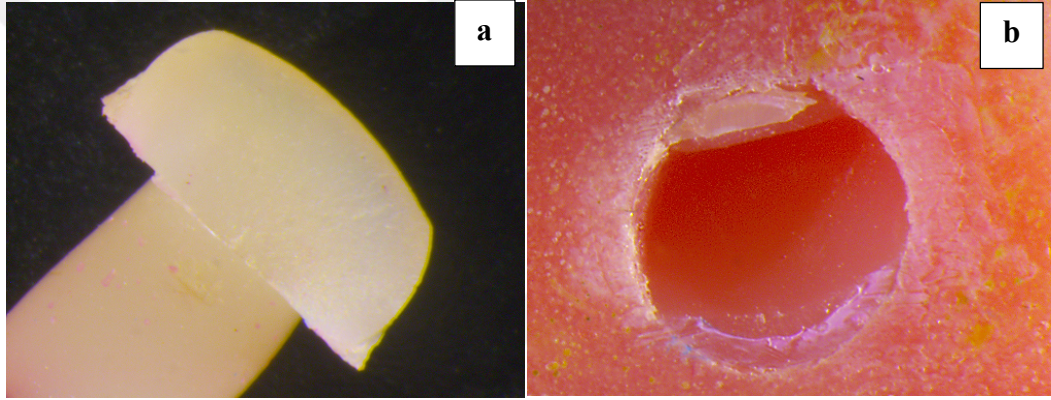
Şekil 4.2.1. Kırılan örneklerin başarısızlık tip karşılaştırmaları.

Stereomikroskop incelemesi sonrası, adeziv sistem olarak Adper™ Single Bond 2 kullanılan Grup H (SB+NH) ve Grup G (SB+BF) hariç çoğu deney grubunda en sık rastlanan başarısızlık tipinin, restoratif materyal ve bağlanma ara yüzeyinde görülen karma başarısızlık olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.2.2.). Restoratif materyal ve bağlanma ara yüzeyinde görülen karma başarısızlık en yüksek oranda %93.33 oran ile Grup B (TER+BF)'de meydana gelmiştir. Bunu sırasıyla azalan şekilde Grup C (TSE+NH) (%73.33), Grup A (TSE+BF) (%66.66), Grup E (CSE+BF) (%66.66), Grup D (TER+NH) (%60), Grup F (CSE+NH) (%53.33), Grup G (SB+BF) (%46.66), Grup H (SB+NH) (%46.46) takip etmektedir

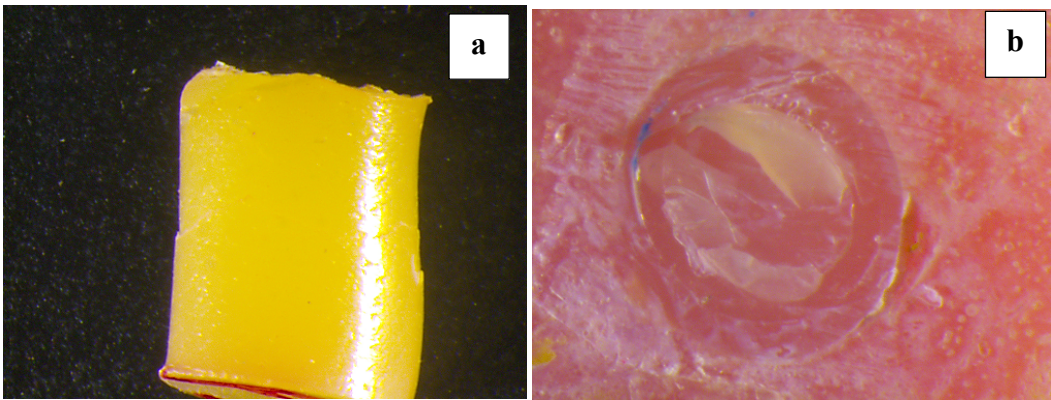
İkinci sıklıkla rastlanan başarısızlık tipi restoratif materyal içerisinde görülen koheziv başarısızlıktır ve sadece Grup G (SB+BF)'de % 53.33 oran ile en sıklıkla rastlanan başarısızlık tipi olmuştur (Şekil 4.2.3.). Bunu sırasıyla azalan şekilde Grup H (SB+NH) (%53.33), Grup D (TER+NH) (%40), Grup F (CSE+NH) (%33.33), Grup E (CSE+BF) ve Grup A (TSE+BF) (%26.66), Grup C (TSE+NH) (%13.33), Grup B (TER+BF) (%6.66) takip etmektedir. Grup H (SB+NH)'de ise restoratif materyal içerisinde koheziv başarısızlık ve restoratif materyal ve bağlanma ara yüzeyinde görülen karma başarısızlık eşit oranlarda (%46.66) görülmektedir. Sadece Grup F (CSE+NH)'de %6.66 oran ile tamir materyali ve bağlanma ara yüzeyinde görülen karma başarısızlığa rastlanmıştır (Şekil 4.2.4.). Grup A (TSE+BF) ve Grup E (CSE+BF)'de ise tamir materyali içerisinde koheziv başarısızlık görülmüştür (%6.66) (Şekil 4.2.5.). Adeziv başarısızlık görülen gruplar ise sırasıyla azalan şekilde; Grup C (TSE+NH) (%13.33), Grup F(CSE+NH) (%6.66) ve Grup H (SB+NH) (%6.66) olmuştur (Şekil 4.2.6.).



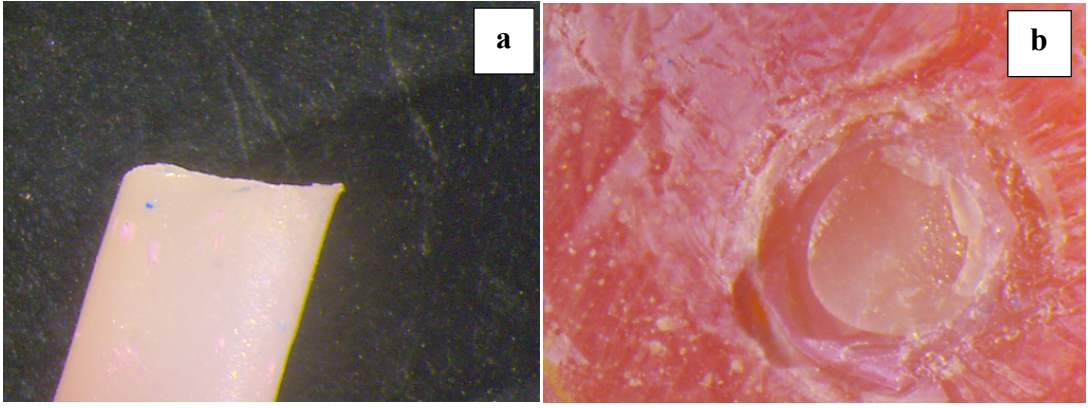
Şekil 4.2.2. Restoratif materyalde karma başarısızlık. Üst parça (a), alt parça (b).



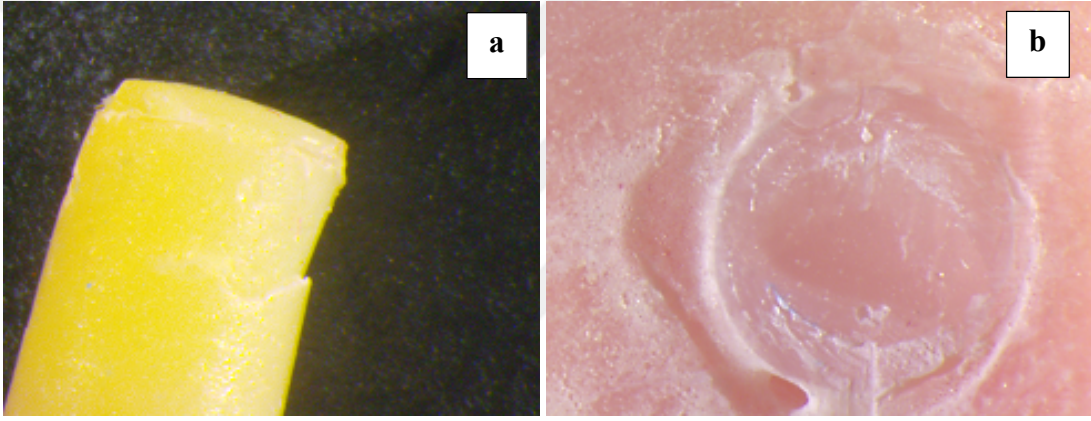
Şekil 4.2.3. Restoratif materyalde koheziv başarısızlık. Üst parça (a), alt parça (b).



Şekil 4.2.4. Tamir materyalinde karma başarısızlık. Üst parça (a), alt parça (b).



Şekil 4.2.5. Tamir materyalinde koheziv başarısızlık. Üst parça (a), alt parça (b).



Şekil 4.2.6. Adeziv başarısızlık. Üst parça (a), alt parça (b).

5. TARTIŞMA

Restoratif diş hekimliğinde, kompozit rezinler, 1960'lı yılların başından günümüze kadar artan bir ilgiyle tercih edilen bir materyal olmuştur (159). Ancak, geniş kullanım alanlarına rağmen; polimerizasyon büzülmesi, kavite duvarlarına adaptasyon zorluğu, mikrosızıntı, sekonder çürük gelişimi, dişte veya restorasyonda çatlak oluşumu ve restorasyon kaybına kadar gidebilen olumsuz özelliklere sahip olabilir (160,161). Üreticiler, bu sorunların üstesinden gelmek için kompozit rezinin hem organik ve inorganik yapısında, hem de polimerizasyon şekil ve cihazlarında iyileştirme yolunda çalışmalar yapmışlardır (162–164).

Kompozit rezinlerin kavite içerisine inkremental teknik ile yerleştirilmesi, polimerizasyon büzülmesini engellemek adına geliştirilen bir tekniktir (165). Ancak kompozit rezin tabakaları arasında boşluk ve kontaminasyon oluşma riski, tabakaların birbirine bağlanmasında başarısızlık, konservatif hazırlanan bir kaviteye kompozit rezinin adaptasyon zorluğu ve işlem süresinin uzun olması gibi bazı problemlere neden olmaktadır (164–166).

Son yıllarda, “bulk fill” kompozit rezin adı verilen geliştirilmiş fiziksel ve mekanik özelliklere sahip, kavite içerisine tek tabaka halinde uygulanabilen yeni bir kompozit rezin türü tanıtılmıştır (167). Bulk fill kompozit rezinlerin, 4 mm kalınlığa kadar kavite içerisine tek tabaka halinde uygulandığında uygun mikromekanik özellikler gösterdiği ve polimerize olabildiği bilinmektedir (168). Geliştirilmiş polimerizasyon özellikleri sayesinde polimerizasyon derinliği artmış, büzülme stresleri ve kaspal deformasyon minimuma indirilmiştir (159,169,170). Kontaminasyon riski, boşluk oluşumu gibi problemlerin üstesinden gelinmekte, derin ve geniş kavitelere zamandan kazanç sağlanmaktadır (167). Bulk fill kompozit rezinler viskozitelerine göre “yüksek” ve “düşük” viskoziteli olarak sınıflandırılmaktadır. Düşük viskoziteye sahip bulk fill kompozit rezinler, kavite içerisine yerleştirildikten sonra üzerinin geleneksel bir kompozit rezin ile örtülmesi gerekmektedir. Yüksek viskoziteye sahip bulk fill kompozit rezinler ise tek tabaka halinde uygulanarak tüm kaviteyi restore edebilmektedir (171).

Kompozit rezin restorasyonların klinik performansları çeşitli çalışmalarla değerlendirilmiştir (6,114). Yıllık başarısızlık oranı anterior ve posterior

restorasyonlar için %0.3-3 arasında değişmektedir (47,106). Yakın zamanda yapılan bir meta analiz çalışmasının sonuçlarına göre posterior dişlerde 5 ve 10 yıllık kullanım sonrası kompozit rezin restorasyonlarda görülen yıllık başarısızlık oranları, sırasıyla, %1.8 ve %2.4 olarak bildirilmiştir (172). Kısacası kompozit rezin materyallerin ömürlerinin sınırlı olduğu bilinmektedir (173). Ağız ortamındaki dinamik değişimlerden (pH ve ısı), mekanik ve fiziksel özellikleri olumsuz etkilenmektedir (164,173). Hem besinler ve tükürük nedeniyle hem de materyalin yaşlanması sonucu kompozit rezinlerde degradasyon meydana gelmektedir (173). Kompozit rezin restorasyonlarda zamanla mikrosızıntı, renklenme, marjinal defektler, sekonder çürük gelişimi, kırık oluşumu görülmektedir (128,164,173).

Başarısızlığa uğramış restorasyonların tedavisinde birçok tedavi protokolü mevcuttur (173). Defektin büyüklüğüne göre restorasyonun takibi, tamiri, değişimi veya restorasyona bitirme/parlatma işlemi uygulanması gibi seçenekler düşünülmektedir. (25,164) Restorasyon değişimi, sağlam diş dokusunun uzaklaştırılmasına neden olmakta, diş yapısını zayıflatmakta ve pulpaya hasar verme riski taşımaktadır. Dişi, her defasında daha büyük kavite boyutu ve daha çok diş yapısından kayba neden olan tekrarlayan “restorasyon döngüsü” içerisine sokmaktadır (174). Bu nedenle minimal invaziv bir tedavi seçeneği olan restorasyon tamiri alternatif bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır (164,173). Böylece, restorasyon döngüsünden kaçınılır, kalan diş dokusu korunur, pulpaya ve komşu dişe zarar verme riski azalır, zamandan kazanç sağlanır, kullanılan materyal miktarı ve işlem maliyeti azalır, restorasyonun ömrü uzar, hasta üzerinde daha az strese neden olur ve lokal anestezi gerektirmeyebilir (2,173).

Tamir işleminin klinik olarak uygulanabilirliği ile ilgili ilk sonuçlar, 1978 senesinde bildirilmiştir (175). Katsuyama ve ark., 1979 senesinde kompozit rezin restorasyonların prognozu ve özellikle tamir edilebilme özelliği ile ilgili çalışmışlardır (176). Mjör ve ark. ise başarısızlığa uğrayan restorasyonların tamir edilmesi veya değiştirilmesi için gerekli endikasyonları belirlemişlerdir (115). Tamir endikasyonları ile ilgili karar verme konusunda literatürde fikir birliği bulunmamaktadır (10). Tyas ve ark., tamir işleminin hekimler tarafından çok tercih edilmediğini, sadece bazı vakalarda tercih ettiklerini belirtmişlerdir (177). Bu kararı etkileyen birçok faktör (hastaya bağlı faktörler, kullanılan restoratif materyal veya uygulanan tedavinin

maliyeti) mevcuttur (177). Öncelikle hastanın tamir işlemini kabul etmiş olması gerekmektedir. Özellikle dental tedavilere toleransı az, kooperasyonu sınırlı ve yaşlı hasta gruplarında tamir işlemi tercih edilebilmektedir. Ayrıca, öncelikle ağız sağlığı açısından motive, eğitim seviyesi yüksek ve düşük çürük riskine sahip hasta gruplarına tamir işlemi uygulanabilmektedir. Lokal anestezi gerektirmeyebileceği için kompleks medikal hikayesi ve dental anksiyetesi olan hastalarda avantaj sağlamaktadır (2,117). Opdam'a göre, defektli bir restorasyonun bitirme ve parlatma işlemleri ile düzeltilemediği durumlarda tamir prosedürünün uygulanması uygun görülmektedir (150).

Tamir işlemi sonrası, kompozit rezin restorasyonların uzun dönem dayanıklılığı ve kalitesi araştırmalara konu olmaktadır (20). Bu tez çalışmasında yüksek viskoziteye sahip Tetric EvoCeram Bulk Fill kompozit rezin restorasyonların farklı adeziv sistemler ve kompozit rezinler kullanılarak yapılan tamir işlemi sonrası elde edilen makaslama bağlanma dayanımları araştırılmıştır. Ancak, bu materyalin uzun dönem klinik performansı ile ilgili sınırlı bilgi mevcuttur. Bu nedenle, hem daha ileri laboratuvar çalışmalarına hem de klinik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Tamir materyalinin, eski kompozit rezin yüzeyine bağlanması esnasında göz önünde bulundurulması gereken iki özellik vardır: bunlardan birincisi, eski ve yeni kompozit rezin yüzeyi arasındaki bağlantının restorasyon içerisindeki en zayıf nokta olması; diğeri ise eski kompozit rezinin yapısıdır (178).

Kompozit rezinlerin kavite içerisine inkremental teknik ile uygulanması esnasında, iki kompozit tabakasının birbirine bağlanması, rezin yüzeyinde oluşan polimerize olmamış oksijen inhibisyon tabakası varlığı, reaksiyona girmemiş karbon-karbon çift bağları ve monomerler sayesinde olmaktadır (10,11,173). Zaman içerisinde ağız ortamında kompozit rezin restorasyon, tükürük, yiyecek, içecekler ve yük birikimine uzun süre maruz kalması sonucu yaşanmaktadır (148,164). Eski kompozit rezin yüzeyinde serbest radikal aktivitesi ve oksijen inhibisyon tabakası ortadan kalkmaktadır (164). Kompozit rezin organik matriks yapısı ortamdaki suyu absorbe etmekte, inorganik doldurucu-organik matriks bağlantısı bozulmakta, rezin monomerleri ağız ortamına sızmaktadır (148,164). Kompozit rezin yapının bozulması sonucu mikro çatlaklar görülmektedir (164). Sonuçta, materyalin yapısı ve tamir bağlanma dayanımı olumsuz etkilenmektedir (148).

Kompozit rezinlerin yaşlandırılması, fiziksel ve kimyasal degradasyona neden olmaktadır. Fiziksel degradasyon, materyalde aşınma ve yorgunluğa neden olurken; kimyasal degradasyon sonucunda ise enzimatik, hidrolitik, asidik ve ısıya bağlı olarak bozulmalar oluşmaktadır (128). Yaşlandırma amacıyla suda bekletilen kompozit rezin örneklerinde, organik matriksin su absorpsiyonu sonrası doldurucu partiküllerin hidrolitik degradasyonunun taklit edildiği görülmekte ve fonksiyonel monomerlerin radikal aktivitesi azalmaktadır (128,164).

Kompozit rezin tamir bağlanma dayanımı üzerine yapılan in vitro çalışmalarda klinik durumu taklit etmek amacıyla uygulanan standart bir yaşlandırma protokolü bulunmamaktadır (20,116,179–181). Farklı zaman aralıklarında distile suda bekletme (1 hafta boyunca 37°C’de, 9 gün, 1 ay boyunca 60°C’de, 2 ay, 6 ay, 1 yıl), deiyonize suya daldırma ve termal siklus cihazında hidrotermal döngüye (500, 1000, 5000) tabi tutma, sitrik aside (1 hafta) veya kaynamış suya daldırma (8 hafta), %1’lik sodyum klorür solüsyonunda bekletme, ultraviyole veya görünür ışığa sürekli maruziyet veya oral biyofilm içerisinde bekletme gibi hızlandırılmış yaşlandırma yöntemleri üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır (11,20,164,179).

Kompozit rezin örneklerin suda bekletilmesi (distile su veya termal siklus), yaşlandırma yöntemleri arasında en sıklıkla kullanılanıdır (164). Örneklerin, 5°C ve 55°C sıcaklığında bulunan iki ayrı su havuzunda belirli sürelerde bekletilmesi ile sağlanan yaşlandırma yöntemine “termal siklus” denilmektedir. Sıvı ve ısı değişimleri sonucu bağlanma ara yüzünde termal gerilim yaratılması hedeflenmiştir. Tekrarlanan ısı değişimleri, organik matriksin ve doldurucu partiküllerinin farklı termal genleşme katsayılarına bağlı olarak adeziv ara yüzün devamlı zayıflamasına neden olmaktadır (20).

Termal siklus, kompozit rezinin degradasyonunda en etkili yöntem olarak bilinmektedir. Döngü sayısı, termal siklusun etkisini arttırmada en etkili yollardan biridir (182). Nikaido ve ark.’nın çalışmasına göre, termal siklus 500 kez uygulandığında, kompozit rezin bağlanma dayanımını etkilemede yeterli değildir (183). Ancak, termal siklusun 5000 kez uygulanmasının daha etkili olduğu bildirilmiştir (184). Özcan ve ark. yaptıkları iki ayrı çalışmada, kompozit rezin örneklerin termal siklus cihazında 5000 döngüye tabi tutulmasının, %3.5’luk sitrik asit (1 hafta) ve kaynayan suda (8 saat) bekletmeye kıyasla daha etkili olduğunu ve

örneklerin tamir bağlanma dayanımını daha düşürdüğünü ortaya koymuşlardır (184,185). Örneklerin, 300 saatlik yaşlandırmasının, materyalin 1 senelik klinik kullanımına eş değer olduğu belirtilmektedir (180). Bu nedenle, bu tez çalışmasında bulk fill kompozit rezin örnekleri, bağlanma öncesi ve sonrasında termal siklus cihazında 5000 döngüye tabi tutularak suni olarak yaşlandırılmıştır.

Tamir işleminin başarısı, eski kompozit rezin yapısına, yüzeyin pürüzlülüğüne, ıslanabilirliğine ve yüzey hazırlama yöntemlerine bağlıdır (164). Eski ve yeni kompozit rezin arasında uygun bir bağlanma sağlamak için farklı yüzey hazırlama yöntemleri (mekanik, fizikokimyasal ve kimyasal) kullanılarak yüzey aktive edilmelidir (164,186,187). Böylece iki kompozit rezin yüzeyi arasında mikro mekanik kilitleme sağlanabileceği literatürde bildirilmiştir (130).

Rinastiti ve ark., yaşlandırma ve yüzey hazırlama yöntemlerinin tamir bağlanma dayanımını etkileyen önemli faktörler olduğunu belirtmişlerdir (188). Ancak yüzey hazırlama yöntemlerinin etkinliği üzerine yeterince klinik çalışma yapılmamıştır (18,185).

Yüzey hazırlama yöntemleri ile reaktif monomerler açığa çıkartılarak, tamir materyalinde yer alan monomerler ile kimyasal bağlantı kurması sağlanmakta ve ağız ortamı ile kontamine olmuş yüzeysel kompozit rezin tabakası uzaklaştırılmaktadır (189). Söderholm ve Roberts, kompozit rezin yüzey pürüzlendirilmesinin, mekanik kilitlemenin ve yüzey enerjisinin artırılmasının tamir bağlanma dayanımını geliştirmede en önemli faktörler olduğunu belirtmişlerdir (138). Kupiec ve ark.'nın çalışmasına göre yüzey pürüzlülüğünün sağlanması, sadece adeziv sistem kullanımına kıyasla tamir bağlanma dayanımı üzerinde daha etkilidir (130).

Tamir işlemi öncesi, kompozit rezin yüzeyini pürüzlendirme amacıyla birçok yöntem kullanılmaktadır (148): elmas frez veya air abrazyon ile mekanik pürüzlendirme, kumlama ile mekanokimyasal pürüzlendirme, fosforik asit, hidroflorik asit veya asidule edilmiş fosfat florid ile kimyasal pürüzlendirme (190). Elmas frez ve kumlama ile yüzey pürüzlendirmenin, en yüksek tamir bağlanma dayanımı gösterdiği bildirilmiştir (9). Hekimler, hidroflorik asidin yumuşak dokulara yakıcı etkisi, air abrazyon ve kumlama ile ağız ortamına salınan abrazyon partiküllerinin hastaya ve hekime solunum yoluyla zarar vermesi ve pratik olmaması nedeniyle elmas frezle pürüzlendirme yöntemine yönelmişlerdir (11,148). Aslında fosforik asit ile yüzey

pürüzlendirmesinin, tamir bağlanma dayanımı üzerinde artış veya azalış göstermediği bildirilmiştir (184,191). Klinik pratikte ise kompozit rezin bir restorasyonun tamiri sırasında restorasyonun defektli parçası uzaklaştırılırken, mine ve/veya dentin dokularının da açığa çıkması kaçınılmazdır (117). Fosforik asit, eski kompozit yüzeyinde bağlanma dayanımı açısından ek bir fayda sağlamazken, mine ve dentin dokusunda etkilidir. Kompozit rezin, seramik ve metal yüzeylerin karakteristiğini değiştirebilecek etkiye sahip değildir (192,193). Sadece kompozit rezinin yüzeyel temizliğini sağlamak, yüzeydeki debrisleri uzaklaştırmakta ve yüzeyin enerjisini artırarak ıslanabilirliği geliştirmektedir (11,148,193). Bu nedenle, frezle pürüzlendirme sonrası fosforik asit uygulanması tavsiye edilmektedir (148). Bu tez çalışmasında da asitle pürüzlendirmenin makaslama bağlanma dayanımı üzerine etkisini araştırmak amacıyla hem etch&rinse ve self-etch hem de multi-mode adeziv sistemler deneysel grupların oluşturulmasında temel alınmıştır.

Klinikte uygulanan tamir işleminin in vitro senaryosu dahilinde bitirme ve parlatma işlemi yapılmış ve yaşlandırılmış örneklere sanki defektli kısımları frezle çıkartılıyormuş gibi elmas frez ile yüzeyleri aşındırılmıştır. Elmas frez ile aşındırma, eski ve yeni kompozit rezin arasında hem makro hem mikro mekanik kilitlenme sağlamaktadır (11,190). Tamir materyalinin bağlanacağı yüzey alanı ve adeziv sistemin yüzey ıslatabilirliği artmaktadır (11,129,190). Elmas frez ile yüzey pürüzlendirmesi sonrası, air abrazyon tekniğine kıyasla, daha büyük retantif alanlar oluşmakta ve doldurucu partikülleri daha çok açığa çıkmaktadır (180). Bonstein ve ark. da elmas frez ile yüzey pürüzlendirmesi sonrası, diğer yöntemlere kıyasla daha yüksek tamir bağlanma dayanımı elde edildiğini bildirmişlerdir (192).

Tabatabaei ve ark. ve Nassoohi ve ark.'nın yüzey pürüzlendirme yöntemleri üzerine yaptıkları çalışmaların sonuçlarına göre, kompozit rezinlerin elmas frez ile yüzey pürüzlendirmesi sonrası en yüksek tamir bağlanma dayanımı gösterdiğini bildirmişlerdir (11,194). Söderholm ve ark., elmas frezle pürüzlendirme sonrası fosforik asit ve adeziv sistem uygulamasının iyi bir ıslanabilirlik sağladığını ve hekimler için en uygulanabilir yöntem olduğunu ortaya koymuşlardır (138). Literatürde, kalın grenli elmas frezler ile yüzey pürüzlendirilmesi sonrası en iyi tamir bağlanma dayanımı elde edildiğine dair pek çok çalışma mevcuttur (18,192,195). Ancak, hangi gren kalınlığına sahip elmas frezin en iyi tamir bağlanma dayanımı

sağladığına dair halen bir fikir birliği oluşmamıştır (196). Bu nedenle, bu tez çalışmasında bulk fill kompozit rezin örneklerin yüzey pürüzlendirilmesi su soğutması altında kalın grenli elmas frezler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Adeziv sistemler, tamir bağlanma dayanımını arttırmada önemli bir rol oynamaktadır (128,190,197,198). Adeziv sistem, yüzey pürüzlendirilmesi sonrası eski kompozit rezin yüzeyinde oluşan retantif alanlara penetre olmaktadır (128). Polimerize olmamış monomerler ile kimyasal bağ kurarak eski ve yeni kompozit rezin yüzeyini birbirine bağlamakta, açığa çıkmış doldurucu partiküllerine bağlanmakta ve matriks içerisinde yer alan mikro çatlaklara monomer penetrasyonu yoluyla mikromekanik kilitleme sağlamaktadır (128,148,190).

Hekimler, çoğu zaman tamir edecekleri kompozit rezin restorasyonun hangi tip kompozit rezin ile yapıldığını bilemezler. (180,190). Bu durumda, tamir materyali olarak kullanılan kompozit rezinin matriks yapısından ziyade, bağlayıcı ajan olarak kullanılan adeziv sistemin matriks yapısı daha önem taşımaktadır (180). Bu tez çalışmasında farklı adeziv sistemlerin, bulk fill kompozit rezinlerin hem bulk fill kompozit rezin hem de nanohibrit kompozit rezin ile yapılan tamiri sonrası elde edilen makaslama bağlanma dayanımı üzerine etkileri araştırılmıştır.

Piyasaya yeni sürülmüş kompozit rezinlerin ve farklı tip adeziv sistemlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini test etmek için makro ve mikro test yöntemleri kullanılmaktadır (199). Makro bağlanma dayanım testleri, 3 milimetre kareden (mm^2)'den daha geniş alana sahip örneklerin incelenmesinde tercih edilmekte, makaslama ve gerilim testlerinden oluşmaktadır (199,200). Mikro bağlanma dayanım testleri ise 1 mm^2 'den daha küçük alana sahip örneklerin incelemesinde kullanılan bir yöntemdir, mikro makaslama ve mikro gerilim testlerini içermektedir (201,202). Makaslama bağlanma dayanım testi, materyallerin bağlanma dayanımlarını değerlendirmek ve klinik başarısını tahmin etmek için kullanılan güvenilir ve kolay bir in vitro test yöntemidir (203–205). Göreceli olarak geniş yüzey alanlarının bağlanma dayanımlarını ve bağlanma ara yüzeyinde homojen olmayan stres dağılımlarını incelemek amacıyla tercih edilmektedir (128,148). Bu tez çalışmasında bulk fill kompozit rezinlerin farklı tip adeziv sistemler ve kompozit rezinler kullanılarak elde edilen tamir bağlanma dayanımları, makaslama bağlanma testi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Adeziv sistemlerin klinik olarak yeterli adezyon sağlayabilmesi için gerekli tamir bağlanma dayanım değerleri adeziv sistemlerin mineye olan bağlanma dayanım değerleri ile benzerlik (15-30 MPa) göstermelidir (11,206). Bu nedenle, çoğu yazara göre tamir bağlanma dayanım değerleri 18 MPa'ın üzerinde olmalıdır (130,180,207). Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlara göre de deney gruplarının hepsi eşik değerden yüksek bulunmuştur.

Bulk fill kompozit rezinlerin tamir materyaline bağlanması amacıyla kullanılan Adper™ Single Bond 2, iki aşamalı etch&rinse adeziv sistemdir ve 5. nesil adeziv sistemler olarak da bilinmektedir (206). Poliakrilik ve poliitakonik asit kopolimerleri, hidrofilik, hidrofobik monomerler ve başlatıcılar içermektedir. Çözücüler ise etanol ve sudur (206,208). Çözücüler, monomerlerin viskozitesini düşürerek retantif alanlara daha iyi bir penetrasyon sağlamak ve yüzeyi daha iyi ıslatabilmektedir (206). Nemin yıkıcı etkilerine karşı dirençli bir adeziv sistemdir (208). Adeziv sistem içerisine bağlanma dayanımını artırmak için nano boyutta (5 nm) doldurucu eklenmiştir ancak doldurucu partikülleri, adeziv tabaka içerisinde büyük yığınlar oluşturma eğilimindedir ve adeziv sistemin retantif alanlara penetrasyonunu engelleyebilmektedir (209). Adeziv sistemin pH'sı 4.3'tür.

Swift EJ ve ark.'nın çalışmasında elde edilen Adper™ Single Bond 2'nin mineye olan bağlanma dayanımı, 27.8 MPa olarak bulunmuştur (210). Bu tez çalışmasında, Adper™ Single Bond 2 adeziv sistem kullanılan Grup G (SB+BF) ve Grup H (SB+NH)'de elde edilen tamir bağlanma dayanım değerleri, sırasıyla 24.48 MPa ve 18.74 MPa olarak kaydedilmiştir.

Clearfil SE Bond, iki aşamalı self-etch adeziv sistemdir. Fonksiyonel organofosfat monomerleri, hidrofilik asidik monomerler, HEMA ve 10-MDP içermektedir (148,211). Yoshida ve ark.'na göre, içeriğinde yer alan 10-MDP fonksiyonel monomeri sayesinde etkili ve stabil bir bağlanma sağlamaktadır. İçeriğinde yer alan hidrofilik monomer olan HEMA sayesinde, kompozit rezin yüzeyini daha iyi ıslatabilmekte ve retantif alanlara daha fazla penetre olmaktadır. Ayrıca ko-solvent görevi görerek su içerisinde çeşitli yapıları çözmektedir (93). Self-etch sistemler ile elde edilen yüksek bağlanma dayanımları, monomerlerin yüzeyi iyi şekilde ıslatabilmesi sonucu meydana gelmektedir (93). Adeziv sistemin pH'sı 1.9'dur.

Tamir işlemi sırasında, kompozit rezin materyali üzerinde Clearfil SE Bond adeziv sistemi, kalın bir adeziv tabakası oluşturmakta, eski ve yeni kompozit rezin arasında elastik bir tabaka olarak görev almaktadır. Bağlanma ara yüzeyinin kalitesini ve dayanımını geliştirmektedir (180). Bu tez çalışmasında, Clearfil SE Bond adeziv sistemi uygulanan Grup E (CSE+BF) (27.04 MPa) ve Grup F (CSE+NH) (22.08 MPa)'de koheziv grup olan Grup I (22.05 MPa) ile benzer tamir bağlanma dayanım değerleri elde edilmiştir. Ayrıca, Grup E, istatistiksel olarak anlamlı olmasa da tüm gruplar arasında en yüksek makaslama bağlanma dayanım değeri gösteren grup olmuştur.

Bis-GMA esaslı adeziv sistemler olan Clearfil SE Bond ve Adper™ Single Bond 2, klorofosfat esterleri ve çözücüler içermektedir. Fosfat gruplarının ucu, kompozit rezinin doldurucu partikülleri ile etkileşime girmektedir (180).

Teixeira ve ark. ve Yokokawa ve ark.'nın yaptıkları çalışmaların bulgularına göre, yaşlandırılan kompozit rezinlerde en yüksek tamir bağlanma dayanımı self-etch adeziv sistemler kullanıldığı zaman elde edilmiştir (187,212). Bu tez çalışmasında, Clearfil SE Bond adeziv sistem uygulaması sonrası elde edilen tamir bağlanma dayanımları, Adper™ Single Bond 2 adeziv sisteme kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Ancak bu bulgu, istatistiksel olarak anlamlı değildir ve adeziv sistemlerin tamir bağlanma dayanımlarını net bir şekilde yorumlamak neredeyse imkansızdır. Çünkü bu çalışmada farklı tip adeziv sistemleri ve farklı tip kompozit rezinler kullanılmıştır ve iki farklı parametre mevcuttur.

Son yıllarda adeziv sistemlerdeki gelişmeler ile birlikte, hekimler klinik uygulamalarında basitleştirilmiş adeziv sistemleri tercih etmektedir (22). Bu amaçla, “all-in-one” ve “universal” adeziv sistemler olarak bilinen self-etch adeziv sistemler piyasaya sürülmüştür. Tek solüsyon şeklinde üretilen materyal, asitle pürüzlendirme, primer ve adeziv aşamalarını tek aşamada birleştirmiştir. (211,213) Yeni sistem adezivler, kullanım kolaylığı ve zamandan tasarruf sağlaması açısından geleneksel yöntemlerin yerini almıştır (214). Bu adeziv sistemler multi-mode olarak uygulanabilmektedir, yani hekimlere, adeziv stratejisi ile ilgili seçim şansı tanımaktadır: bu sistemler etch&rinse, self-etch veya selektif etch tekniği ile kullanılabilir (21,22).

Tetric N-Bond Universal adeziv sistemi, all-in-one adeziv sistemler olarak bilinmektedir. HEMA içermeyen 7. nesil adeziv sistemlerdir (204). Materyalin

çözücüsü etanol esaslı olmasına rağmen, hidrojen bağlama kapasitesinin yüksek olması istenmektedir. Bu amaçla, etanol içeren adeziv sistemlere su ko-solvent olarak eklenmiştir (206). Adeziv sistemin pH'sı 2.5-3'tür.

Bonstein ve ark. yaptıkları çalışmada, universal adeziv sistem uygulaması öncesi yüzeyin %37'lik fosforik asitle pürüzlendirilmesi sonrası elde edilen tamir bağlanma dayanımlarında, materyalin self-etch modunda uygulanmasına kıyasla artış gözlenmediğini bildirmişlerdir (192). Bu tez çalışmasında, Tetric N-Bond Universal adeziv sistemi kullanılan adeziv gruplarında, etch&rinse modu ile uygulanan Grup B (TER+BF) (25.86 MPa)'de, tüm örnek grupları arasında, istatistiksel olarak anlamlı olmasa da, 2. en yüksek tamir bağlanma dayanım değerleri elde edilmiştir. Grup D (TER+NH) (20.40 MPa)'deki örneklerde ise koheziv bağlanma dayanımlarından (22.05 MPa) daha düşük tamir bağlanma dayanımı gözlenmiştir. Self-etch modunda uygulanan Tetric N-Bond Universal adeziv sistem gruplarında ise Grup A (TSE+BF) (24.69 MPa), istatistiksel olarak anlamlı olmasa da, Grup C (TSE+NH) (20.69 MPa)'den daha yüksek tamir bağlanma dayanımına sahiptir. Bu tez çalışmasında elde edilen bulgular, Bonstein ve ark.'nın çalışmasını doğrular niteliktedir ve fosforik asit ile yüzey pürüzlendirmesi tamir bağlanma dayanım değerleri üzerine belirgin etki göstermemiştir. Ancak, fosforik asit uygulanmasının her ne kadar kompozit rezin yüzeyinin karakteristiğini değiştirmediyi söylesek de, klinik pratikte mine ve dentin dokuları mevcut olduğu için fosforik asitle ilgili daha ileri laboratuvar çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Laboratuvar çalışmaları, ağız ortamına maruz kalan adeziv sistemlerin, kompozit rezin materyallere kıyasla daha hızlı degradasyona uğradığını ortaya koymaktadır (77,215). Adeziv sistemlerin degradasyonu üzerinde suyun etkisi çok daha belirgindir. Özellikle hidrofilik karakterde olan (HEMA içeren) adeziv sistemlerde polimerize olmuş adeziv tabakanın su absorbe etme eğilimi daha çok görülmektedir (204). HEMA monomeri çapraz bağlar kurmadan çizgisel bir şekilde polimerize olmaktadır (216). Sonuçta, hidrofobik kompozit yüzeyi ile zayıf bir bağlantı sağlanmaktadır (148,208). Bu tez çalışmasında tamir işleminde kullanılan Clearfil SE Bond ve Adper™ Single Bond 2 adeziv sistemler, HEMA monomeri içermektedir. Ancak, HEMA'nın hidrofilik yapısı nedeniyle oluşan zayıf bağlantı fenomeni, bizim çalışmamızın bulguları ile uyum göstermemekle beraber yeterli

derecede yaşlandırma yapılmadığı düşünülebilir. Grup E (CSE+BF) (27.04 MPa), Grup F (CSE+NH) (22.08 MPa), Grup G (SB+BF) (24.48 MPa), Grup H (SB+NH) (18.74 MPa), koheziv bağlanma değerlerinden farklı değerler göstermemiştir.

İnoue ve ark. yaptıkları çalışmada, düşük pH'a sahip self-etch adezivlerin göreceli olarak düşük bağlanma dayanımları gösterdiğini bildirmişlerdir (217). Bayrak ve ark., adeziv sistemlerin çözücü ve doldurucu içeriğinin, makaslama bağlanma dayanımı üzerinde pH'larına kıyasla daha etkili olduğunu belirtmişlerdir (218). Teixeira ve ark.'nın yaptıkları çalışmaya göre doldurucu içeren adeziv sistemler, doldurucu içermeyenlere kıyasla daha yüksek tamir bağlanma dayanımı göstermektedir (187). Doldurucu içeren adeziv sistemler yeterli gerilme dayanıma sahiptir ve materyaller arasında oluşan büzülme streslerini rahatlatmaktadır (211). Bu tez çalışmasında, uygulanan değişik adeziv sistemler arasında, makaslama bağlanma dayanım değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Literatürde aynı tip kompozit rezinlerle tamir restorasyonun tamamlanması önerilmektedir (164). Ancak, kompozit rezin tamiri esnasında, eski kompozit rezin materyalinin kompozisyonu hakkında bilgi sahibi olmamız her zaman mümkün olmayabilmektedir. Sıklıkla aynı yapıya sahip olmayan kompozit rezin materyalleri ile tamir işlemi yapılabilmektedir (178,219). Bazı çalışmalarda tamir işlemi sırasında aynı tip kompozit rezin kullanılırken; bazılarında ise farklı tip kompozit rezinler ile tamir restorasyonu tamamlanmıştır (195,220). Ribeiro ve ark.'nın yaptıkları çalışma sonuçlarına göre, benzer organik ve inorganik yapıya sahip kompozit rezinlerin birbirlerine bağlanmaları sonrası yüksek makaslama bağlanma dayanımı elde edildiği bildirilmiştir (221). Shahdad ve Kennedy, benzer organik matrikse sahip kompozit rezinler ile yapılan tamir restorasyonu ile elde edilen makaslama bağlanma dayanımlarının, farklı tip organik matrikse sahip kompozit rezinler ile tamir işlemine kıyasla, belirgin şekilde yüksek değerler göstermediğini belirtmişlerdir (186). Bu nedenle, bu tez çalışmasında, bulk fill kompozit rezinlerin tamir işlemi hem bulk fill hem nanohibrit kompozit rezinler ile yapılmıştır. Ancak literatürde, bulk fill kompozit rezinlerin tamiri ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu tez çalışmasının bulgularına göre bulk fill kompozit rezin ile tamir sonrası elde edilen makaslama bağlanma değerleri, nanofil kompozit rezinlerle istatistiksel olarak benzer sonuçlar göstermiştir.

Tamir işlemleri sırasında kullanılan kompozit rezin yapısının bağlanma dayanımında önemli olduğu düşünülürse, hekimler klinik pratiklerinde kullandıkları materyallerin kaydını iyi şekilde tutmalıdır. Ayrıca, kompozit rezin restorasyonların tamiri sonrası oluşan başarısızlık durumlarını klinik çalışmalar ile beraber daha çok kayda geçirmelidirler.

Bu tez çalışmasında hem tamir materyali hem de restorasyon materyali olarak kullanılan Tetric EvoCeram Bulk Fill, yüksek viskoziteye sahip bir kompozit rezindir. İnorganik doldurucu partikül içeriği; baryum cam, itterbiyum triflorid, karışık oksit ve prepolimerden meydana gelmektedir ve materyalin ağırlıkça %80'ini oluşturmaktadır. Doldurucu partikül boyutları 550 nm civarındadır. Ayrıca düşük miktarda prepolimer ve karışık oksit içermektedir (75,164). Organik matriksi ise dimetakrilatlardan oluşmaktadır (171). Nano boyutta doldurucu içeren kompozit rezinler, daha geniş bağlanma yüzey alanı sağlamaktadır.

Tetric EvoCeram Bulk Fill kompozit rezin, kamforokinon/amin sistemine ek olarak Ivocerin adı verilen germanyum esaslı yeni sistem foto başlatıcıya sahiptir. Ivocerin, kamforakinona kıyasla görünür ışık spektrumunda daha düşük dalga boyunda (400-450 nm) daha yoğun ışık absorpsiyonu göstermektedir (75,76). Bu nedenle bu tez çalışmasında, ivocerinin dalga boyuna uygun olması için LED ışık cihazı kullanılmıştır (222). Diğer bulk fill kompozit rezinlerde ivocerin gibi polimerizasyon başlatıcı sisteme dair özel bir madde bulunmamaktadır. Polimerizasyon derinliğini arttıran tek faktör, kompozit rezinin translusensisini arttırmaktır. Bunu sağlamak için materyalin doldurucu partikül oranının azaltılması gerekmektedir. (222). Ivocerin foto başlatıcı sistemi, ışıkla polimerizasyon mekanizmasını başlatan en az iki radikale ihtiyaç duymaktadır ve böylece bir radikal oluşumu görülen kamforakinon/amin foto başlatıcı sisteme göre daha etkili olmaktadır (76,223). Daha hızlı ve daha derin polimerizasyon sağlamaktadır (75,224). Sonuç olarak doldurucu oranı azaltılmadan ve doldurucu partikül boyutu arttırılmadan ışıkla daha derin polimerizasyon sağlanmaktadır (76).

Bu tez çalışmasında tamir materyali olarak kullanılan Tetric EvoCeram Nanohibrit, organik matriksi dimetakrilatlardan (ağırlıkça %19-20) oluşan kompozit bir rezindir (225). Tetric EvoCeram Bulk Fill gibi benzer inorganik doldurucu içeriği ve boyutu, prepolimerize doldurucu varlığı ve organik matriks yapısına sahiptir (75).

Organik matriks yapısında; Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA ve TEG-DMA gibi monomerler içermektedir (164). Bis-GMA, çapraz rijit bir ağ oluşturmaktadır ve TEG-DMA'ya kıyasla daha az, UDMA ve Bis-EMA'ya göre daha fazla su absorbe etmektedir. TEG-DMA, hidrofilik bir monomerdur ve fazla miktarda su absorbe etme eğilimindedir (128). İnorganik doldurucu parikül içeriği; baryum cam, iterbiyum triflorid, karışık oksit ve prepolimerden meydana gelmektedir (ağırlıkça %80-81). Baryum cam doldurucu partikül boyutu 0.4-0.7 µm boyutunda; iterbiyum triflorid doldurucu partikülleri ise 0.1–5.0 µm boyutundadır. Nanohibrit kompozit rezinler, hem nanomerik hem de geleneksel doldurucu partiküllerine sahiptir (164). Ayrıca, nano yığınlar, materyali güçlendirir, yüklerin oluşturduğu stresi modifiye eder ve böylece materyalin klinik performansı artmış olur (226). Gelişmiş aşınma direnci, yüksek kırılma dayanımı, optimum yüzey düzgünlüğüne sahiptir (164). Ek olarak, katalizörler, stabilizörler, pigmentler içermektedir (225). Doldurucu partiküllerinin yüksek oranda bulunması, ümit verici fizikomekanik özelliklere sahip olduğunu ortaya koymaktadır (11).

Yüksek viskoziteye sahip bulk fill kompozit rezinlerin polimerizasyon büzülme streslerinin araştırıldığı bir çalışmada, Tetric EvoCeram Bulk Fill kompozit rezinlerin, Tetric EvoCeram Nano hibrit kompozit rezinlere kıyasla, yüksek miktarda büzülme stresi gösterdiği bildirilmiştir. Bu durum, bulk fill kompozit rezinlerin yüksek doldurucu içeriğine bağlanmıştır. Bu içerik rezini daha sert bir materyal haline getirmektedir ancak akışkanlığını azaltarak stres oluşturmaya neden olmaktadır (227).

Bulk fill kompozit rezinler, nanohibrit kompozit rezinlere kıyasla daha düşük mekanik özellikler göstermektedir (222,228). Elastisite modülü daha düşüktür, bu nedenle fazla yük alan bölgelere yerleştirildiği zaman materyalde deformite görülebilmekte ve katastrofik başarısızlık meydana gelebilmektedir. Ancak, Tetric EvoCeram Bulk Fill kompozit rezin yüksek doldurucu içeriği sayesinde orta seviyede elastisite modülüne sahiptir. (222,228). Ilie ve ark'nın bulk fill kompozit rezinlerin mekanik özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada, bulk fill kompozit rezinlerin kimyasal kompozisyonunun geleneksel nanohibrit kompozit rezinlerden pek farklı olmadığı ortaya konulmuştur (222).

Joulaei ve ark.'nın zirkonyum ve silika esaslı kompozit rezinlerin tamirinde farklı adeziv sistemler kullandıkları mikro makaslama çalışmasında, iki kompozit rezin benzer değerler göstermiş ancak adeziv kombinasyonları tamir bağlanma dayanımını etkilemiştir (148). Üstün ve ark.'nın çalışmasına göre, farklı tip kompozit rezinler ve adeziv sistemler kullanılarak yapılan tamir işlemi sonrası elde edilen makaslama bağlanma dayanım değerleri üzerinde kompozit rezin etkisinin, adeziv sisteme göre istatistiksel olarak daha belirgin olduğu ortaya konulmuştur (203). Fawzy ve ark. da yaptıkları çalışmada, tamir bağlanma dayanımının kullanılan adeziv sisteme bağlı olmadığını ve makaslama bağlanma dayanımını belirgin olarak arttırmadığını bildirmişlerdir (229). Ayrıca, makaslama bağlanma dayanımının, tamir materyaline kıyasla daha çok restoratif materyale bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir (20). Bu tez çalışmasında, hem adeziv sistemin hem de tamir restorasyonunda kullanılan kompozit tipinin, tamir bağlanma dayanımında istatistiksel olarak etkili olmadığı ortaya konulmuştur.

Makaslama bağlanma dayanım testi sonrası örnekler stereomikroskop altında incelendiğinde adeziv başarısızlık, restoratif materyalde veya tamir materyalinde koheziv başarısızlık, restoratif materyal veya tamir materyalinde ve bağlanma ara yüzeyinde görülen karma başarısızlık meydana geldiği tespit edilmiştir. Koheziv başarısızlık insidansı, bağlanmanın gücü açısından bizlere fikir vermektedir (128). Koheziv başarısızlık, kompozit matriks içerisinde meydana gelmektedir ve iki kompozit materyalin birbirine güçlü şekilde bağlandığının kanıtıdır (11). Ayrıca materyal içerisinde görülen koheziv başarısızlık, materyallerden birinde (restoratif materyal veya tamir materyali) daha fazla oluşmakta ve başarısızlık görülen materyalin fiziksel özelliklerinin bir noktada zayıf olduğunu göstermektedir. Sonuçta, bu bulgu restorasyonun tamir bağlanma dayanımının kabul edilebilir olduğunu kanıtlamaktadır. Adeziv başarısızlık, düşük bağlanma dayanımına sahip materyaller arasında bağlanma ara yüzeyinde ayrılma şeklinde görülmektedir. Adeziv sistemin düşük ıslatabilirliği, kimyasal yapısı ve olası uygulama hataları (porozite veya boşluk oluşumu) bağlantıyı zayıflatmaktadır (11,20). Restorasyonun düşük tamir bağlanma dayanımına veya kompozit rezin yapısının daha sağlam olduğuna işaret etmektedir (11). Örnek yüzeyinde tespit edilen karma başarısızlık tipinde ise hem bağlanma ara yüzeyinde

hem de restoratif materyal veya tamir materyali içerisinde koheziv başarısızlık aynı anda gözlenmiştir.

Mevcut çalışmada, Grup H (SB+NH) hariç, en sık rastlanan başarısızlık tüm deney gruplarında restoratif materyal ve bağlanma ara yüzeyinde görülen karma başarısızlıktır. Bu başarısızlık tipi, en yüksek oranda Grup B (TER+BF)'de gözlenmiştir. Karma başarısızlığın ardından ikinci en sıklıkla görülen başarısızlık tipi restoratif materyalde görülen koheziv başarısızlıktır ve en yüksek oranda Grup G (SB+BF)'de görülmüştür. Adeziv başarısızlık tipi, örneklerin stereomikroskop incelemesinde pek rastlanmamıştır. Bu da elde edilen yüksek bağlanma dayanımı bulgularını destekler niteliktedir. Sadece Grup C (TSE+NH), Grup F (CSE+NH) ve Grup H (SB+NH)'de düşük oranlarda gözlemlenmiştir.

Önceki çalışmalar, reaktif olmayan metakrilat monomerlerin ve karbon-karbon çift bağlarının azalması ve bitirme/parlatma işlemlerine bağlı olarak tamir bağlanma dayanımının, kompozit rezinin koheziv dayanıma kıyasla %25-80 oranında azaldığını göstermiştir (173,229,230). Bu tez çalışmasında farklı materyal ve adeziv sistem kombinasyonlarının tamir bağlanma dayanımı üzerine etkileri araştırılmıştır. Kontrol grubu olan bulk fill kompozit resin materyalin koheziv bağlanma dayanımını gösteren Grup I (22.05 MPa) ve deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Tamir materyali ve adeziv sistem arasındaki etkileşim istatistiksel olarak belirgin değildir. Kısacası, tüm grupların makaslama bağlanma dayanım değerleri, koheziv bağlanma dayanım değerlerine benzerdir. Eski ve yeni kompozit resin arasında uygun bir bağlanma sağlandığı ve başarılı bir tamir işlemi gerçekleştirildiği söylenebilmektedir.

Bu tez çalışmasının test edilen hipotezi reddedilmiştir. Yaşlandırılan bulk fill kompozit resinlerin tamirinde kullanılan farklı tipte adeziv sistemlerin tamir makaslama bağlanma dayanımı üzerinde etkili olmadığı bulunmuştur.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu in vitro çalışmanın sınırlamaları dahilinde şu sonuçlar elde edilmiştir:

1. Bulk fill kompozit rezin restorasyonlar bulk fill kompozit rezin hem de nanohibrit kompozit rezinlerle hangi adeziv sistem kullanılırsa kullanılsın, kendi koheziv dayanımına ulaşacak kadar yüksek bağlanma dayanım değerleri göstererek başarı ile tamir edilebilmektedir.

2. Farklı tipte adeziv sistemler kullanılarak yapılan tamir işleminde, bulk fill kompozit rezinler kullanılması sonrası elde edilen makaslama bağlanma dayanım değerleri, istatistiksel olarak anlamlı olmasa da, nanohibrit kompozit rezinlere kıyasla daha yüksek bulunmuştur.

3. Bulk fill kompozit rezinlerin makaslama bağlanma dayanımları, kırık paternleri ile korelasyon göstermektedir. Karma ve koheziv kırık insidansı, yüksek bağlanma dayanımlarında artış göstermektedir.

4. Fosforik asit ile yüzey pürüzlendirmesinin tamir bağlanma dayanım değerleri üzerine etki göstermemektedir. Ancak, klinik pratikte mine ve dentin dokuları mevcut olduğu için fosforik asitle ilgili daha ileri laboratuvar çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Tamir işlemi sırasında kullanılan kompozit rezin yapısının bağlanma dayanımında önemli olduğu düşünülürse, hekimler klinik pratiklerinde kullandıkları materyallerin kaydını iyi şekilde tutmalıdır. Ayrıca, kompozit rezin restorasyonların tamiri sonrası oluşan başarısızlık durumlarını klinik çalışmalar ile beraber daha çok kayda geçirmelidirler.

7. KAYNAKLAR

1. Rekow ED, Fox CH, Petersen PE. Innovations in materials for direct restorations: why do we need innovations? Why is it so hard to capitalize on them? *J Dent Res.* 92(11):945–7, 2013.
2. Blum I, Lynch C, Wilson N. Factors influencing repair of dental restorations with resin composite. *Clin Cosmet Investig Dent.* 6:81, 2014.
3. Burke FJT. Amalgam to tooth-coloured materials--implications for clinical practice and dental education: governmental restrictions and amalgam-usage survey results. *J Dent.* 32(5):343–50, 2004.
4. ADA Council on Scientific Affairs; ADA Council on Dental Benefit Programs. Statement on posterior resin-based composites. *J Am Dent Assoc.* 129(11):1627–8, 1998.
5. Lynch CD, Opdam NJ, Hickel R. A. Guidance on posterior resin composites: Academy of Operative Dentistry - European Section. *J Dent.* 42(4):377–83, 2014.
6. Baracco B, Perdigão J, Cabrera E. Clinical Evaluation of a Low-shrinkage Composite in Posterior Restorations: One-Year Results. *Oper Dent.* 37(2):117–29, 2012.
7. Downer MC, Azli NA, Bedi R. How long do routine dental restorations last? A systematic review. *Br Dent J.* 187(8):432–9, 1999.
8. Rosenstiel SF, Land MF, Rashid RG. Dentists' molar restoration choices and longevity: a web-based survey. *J Prosthet Dent.* 91(4):363–7, 2004.
9. Hemadri M, Saritha G, Rajasekhar V. Shear Bond Strength of Repaired Composites Using Surface Treatments and Repair Materials: An In vitro Study. *J Int oral Heal JIOH.* 6(6):22–5, 2014.
10. Parolia A, Jain A, de Moraes Porto IC. A comparative effect of various surface chemical treatments on the resin composite-composite repair bond strength. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 33(3):245, 2015.
11. Nassoohi N, Kazemi H, Sadaghiani M. Effects of three surface conditioning techniques on repair bond strength of nanohybrid and nanofilled composites. *Dent Res J (Isfahan).* 12(6):554–61, 2015.
12. Blum IR, Schriever A, Heidemann D. The repair of direct composite restorations: an international survey of the teaching of operative techniques and materials. *Eur J Dent Educ.* 7(1):41–8, 2003.
13. Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken JE. Minimal intervention dentistry--a review. FDI Commission Project 1-97. *Int Dent J.* 50(1):1–12, 2000.

14. Kaneko M, Caldas RA, Feitosa VP. Influence of surface treatments to repair recent fillings of silorane-and methacrylate-based composites. *J Conserv Dent.* 18(3):242–6, 2015
15. El-Amin AM, Daifalla LE, Zaazou MH. Repair Bond Strength of Aged Silorane-based Composite Using Intermediate Adhesive Systems Based on Different Monomers. *J Adhes Dent.* 17(2):163–8, 2015
16. Dionysopoulos D, Tolidis K, Gerasimou P. The Effect of Composition, Temperature and Post-Irradiation Curing of Bulk Fill Resin Composites on Polymerization Efficiency. *Mater Res.* 19(2):466–73, 2016.
17. Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. *Dent Mater.* 30(2):149–54, 2014.
18. Loomans BAC, Cardoso MV, Roeters FJM. Is there one optimal repair technique for all composites? *Dent Mater.* Jul 27(7):701–9, 2011.
19. Bacchi A, Consani RL, Sinhoreti MA. Repair bond strength in aged methacrylate- and silorane-based composites. *J Adhes Dent.* 15(5):447–52. 2013.
20. Baur V, Ilie N. Repair of dental resin-based composites. *Clin Oral Investig.* 17(2):601–8. 2013.
21. Marchesi G, Frassetto A, Mazzone A. Adhesive performance of a multi-mode adhesive system: 1-Year in vitro study. *J Dent.* 42(5):603–12, 2014.
22. Rosa WL de O da, Piva E, Silva AF da. Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 43(7):765–76. 2015
23. Papacchini F, Dall'Oca S, Chieffi N. Composite-to-composite microtensile bond strength in the repair of a microfilled hybrid resin: effect of surface treatment and oxygen inhibition. *J Adhes Dent.* 9(1):25–31, 2007.
24. Rathke A, Tymina Y, Haller B. Effect of different surface treatments on the composite–composite repair bond strength. *Clin Oral Investig.* 13(3):317–23, 2009.
25. Blum IR, Lynch CD, Wilson NHF. Teaching of the repair of defective composite restorations in Scandinavian dental schools. *J Oral Rehabil.* 39(3):210–6, 2012.
26. Gordan V V., Riley JL, Rindal DB. Repair or replacement of restorations. *J Am Dent Assoc.* 146(12):895–903, 2015.
27. Fernández E, Martín J, Vildósola P. Can repair increase the longevity of composite resins? Results of a 10-year clinical trial. *J Dent.* 43(2):279–86, 2015.
28. McCabe JF (John F., Walls A. *Applied dental materials.* Blackwell Pub; 2008. 303 p.

29. Bayne SC. Beginnings of the dental composite revolution. 1963. *J Am Dent Assoc.* 42S–46S, 2013.
30. Dental Library-Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry, 6th Edition, 2012.
31. Ferracane JL. Resin composite—State of the art. *Dent Mater.* 27(1):29–38, 2011.
32. Dayangaç BG. *Kompozit Rezin Restorasyonlar*, Ankara, Quintessence, 2005.
33. Lien W, Vandewalle KS. Physical properties of a new silorane-based restorative system. *Dent Mater.* 26(4):337–44, 2010.
34. Kaisarly D, Gezawi M El. Polymerization shrinkage assessment of dental resin composites: a literature review. *Odontology.* 104(3):257–70, 2016.
35. Sakaguchi RL, Powers JM. *Craig's restorative dental materials*. 13th Edition, 2012.
36. Anusavice KJ, Phillips RW, Shen C, Rawls HR. *Phillips' science of dental materials*. 12th Edition, 2012.
37. Pick B, Pelka M, Belli R. Tailoring of physical properties in highly filled experimental nanohybrid resin composites. *Dent Mater.* 27(7):664–9, 2011.
38. Guimarães T, Schneider LF, Braga RR. Mapping camphorquinone consumption, conversion and mechanical properties in methacrylates with systematically varied CQ/amine compositions. *Dent Mater.* 30(11):1274–9, 2014.
39. Randolph LD, Palin WM, Watts DC. The effect of ultra-fast photopolymerisation of experimental composites on shrinkage stress, network formation and pulpal temperature rise. *Dent Mater.* 30(11):1280–9, 2014.
40. Nassar H, Chu T-M, Platt J. Optimizing light-cured composite through variations in camphorquinone and butylhydroxytoluene concentrations. *Braz Oral Res.* 30(1), 2016.
41. Mota EG, Hörlle L, Oshima HM, Hirakata LM. Evaluation of inorganic particles of composite resins with nanofiller content. *Stomatologija.* 14(4):103–7, 2012.
42. Baroudi K, Rodrigues JC. Flowable Resin Composites: A Systematic Review and Clinical Considerations. *J Clin DIAGNOSTIC Res.* 9(6):18-24. 2015
43. Bekkedahl N. Volume dilatometry. *J Res Natl Bur Stand (1934)* 43(2):145–56. 1949.
44. Lang BR, Jaarda M, Wang RF. Filler particle size and composite resin classification systems. *J Oral Rehabil.* 19(6):569–84, 1992.

45. Yadav RD, Raisingani D, Jindal D. A Comparative Analysis of Different Finishing and Polishing Devices on Nanofilled, Microfilled, and Hybrid Composite: A Scanning Electron Microscopy and Profilometric Study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 9(3):201–8, 2016.
46. Sideridou ID, Karabela MM, Vouvoudi EC. Physical properties of current dental nanohybrid and nanofill light-cured resin composites. *Dent Mater.* 27(6):598–607, 2011.
47. Demarco FF, Corrêa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJM. Longevity of posterior composite restorations: Not only a matter of materials. *Dent Mater.* 28(1):87–101, 2012.
48. Bayne SC, Heymann HO, Swift EJ. Update on dental composite restorations. *J Am Dent Assoc.* 125(6):687–701, 1994.
49. Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Assoc.* 134(10):1382–90, 2003.
50. Al-Agha EI, Alagha MI. Nanoleakage of Class V Resin Restorations Using Two Nanofilled Adhesive Systems. *J Int oral Heal JIOH.* 7(7):6–11, 2015.
51. Yamaji A, Koga K, Tsujimoto A. Influence of oxygen-inhibited layer on dentin bond strength of chemical-cured resin composite. *Eur J Oral Sci.* 121(5):497–503, 2013.
52. Ariyoshi M, Nikaido T, Foxtton RM. Influence of filling technique and curing mode on the bond strengths of composite cores to pulpal floor dentin. *Dent Mater J.* 29(5):562–9, 2010.
53. El-Deeb HA, Ghalab RM, Elsayed Akah MM. Repair bond strength of dual-cured resin composite core buildup materials. *J Adv Res.* 7(2):263–9, 2016.
54. Bahillo J, Bortolotto T, Roig M. Bulk filling of Class II cavities with a dual-cure composite: Effect of curing mode and enamel etching on marginal adaptation. *J Clin Exp Dent [Internet].* 6(5):502–8, 2014.
55. Da Rosa Rodolpho PA, Donassollo TA, Cenci MS. 22-Year clinical evaluation of the performance of two posterior composites with different filler characteristics. *Dent Mater.* 27(10):955–63, 2011.
56. Loguercio AD, Reis A, Hernandez Pag. 3-Year clinical evaluation of posterior packable composite resin restorations. *J Oral Rehabil.* 33(2):144–51, 2006.
57. Jager S, Balthazard R, Vincent M. Dynamic thermo-mechanical properties of various flowable resin composites. *J Clin Exp Dent Dec.* 8(5):534–9, 2016.
58. Vichi A, Margvelashvili M, Goracci C. Bonding and sealing ability of a new self-adhering flowable composite resin in class I restorations. *Clin Oral Investig.* 17(6):1497–506, 2013.

59. Sadeghi M1, Lynch CD. The Effect of Flowable Materials on the Microleakage of Class II Composite Restorations That Extend Apical to the Cemento-enamel Junction. *Oper Dent.* 34(3):306-11, 2009.
60. Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. *Eur J Oral Sci.* 105(2):97–116, 1997.
61. Ferracane JL. Current trends in dental composites. *Crit Rev Oral Biol Med.* 6(4):302–18, 1995.
62. Rueggeberg FA. From vulcanite to vinyl, a history of resins in restorative dentistry. *J Prosthet Dent.* 87(4):364–79, 2002.
63. Stansbury JW. Curing dental resins and composites by photopolymerization. *J Esthet Dent* 12(6):300–8, 2000.
64. Van Landuyt KL, Nawrot T, Geebelen B. How much do resin-based dental materials release? A meta-analytical approach. *Dent Mater.* 27(8):723–47, 2011.
65. Ilie N, Hickel R. Resin composite restorative materials. *Aust Dent J.* 56:59–66, 2011.
66. Boaro LCC, Gonçalves F, Guimarães TC. Polymerization stress, shrinkage and elastic modulus of current low-shrinkage restorative composites. *Dent Mater.* 26(12):1144–50, 2010.
67. Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes in dental composites. *Dent Mater.* 21(1):68-74, 2005.
68. Eick JD, Smith RE, Pinzino CS. Stability of silorane dental monomers in aqueous systems. *J Dent.* 34(6):405–10, 2006.
69. Mohammadi N, Bahari M, Kimyai S. Effect of an Extra Hydrophobic Resin Layer on Repair Shear Bond Strength of a Silorane-Based Composite Resin. *J Dent (Tehran).* 12(12):890–8, 2015
70. Cavalcante LM, Schneider LFJ, Hammad M. Degradation resistance of ormocer- and dimethacrylate-based matrices with different filler contents. *J Dent.* 40(1):86–90, 2012.
71. Bollu IP, Hari A, Thumu J. Comparative Evaluation of Microleakage Between Nano-Ionomer, Giomer and Resin Modified Glass Ionomer Cement in Class V Cavities- CLSM Study. *J Clin Diagn Res.* 10(5):66-70, 2016.
72. Sunico MC, Shinkai K, Katoh Y. Two-year clinical performance of occlusal and cervical giomer restorations. *Oper Dent.* 30(3):282–9, 2005.
73. Monterubbianesi R, Orsini G, Tosi G. Spectroscopic and Mechanical Properties of a New Generation of Bulk Fill Composites. *Front Physiol.* 7:652. 2016.

74. Furness A, Tadros MY, Looney SW. Effect of bulk/incremental fill on internal gap formation of bulk fill composites. *J Dent.* 42(4):439–49, 2014.
75. Miletic V, Pongprueksa P, De Munck J. Curing characteristics of flowable and sculpable bulk fill composites. *Clin Oral Investig.* 1–12. 2016
76. Moszner N, Fischer UK, Ganster B. Benzoyl germanium derivatives as novel visible light photoinitiators for dental materials. *Dent Mater.* 24(7):901–7, 2008.
77. Carvalho RM, Manso AP, Geraldeli S. Durability of bonds and clinical success of adhesive restorations. *Dent Mater.* 28(1):72–86, 2012.
78. Melo MAS, Weir MD, Passos VF. Ph-activated nano-amorphous calcium phosphate-based cement to reduce dental enamel demineralization. *Artif Cells, Nanomedicine, Biotechnol Feb.* 21:1–8. 2017
79. Buonocore MG. A Simple Method of Increasing the Adhesion of Acrylic Filling Materials to Enamel Surfaces. *J Dent Res.* 34(6):849–53, 1955.
80. Pashley DH, Tay FR, Breschi L. State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater.* 27(1):1–16, 2011.
81. Gwinnett AJ. Histologic changes in human enamel following treatment with acidic adhesive conditioning agents. *Arch Oral Biol.* 16(7):731–8, 1971.
82. Mulholland RD, DeShazer DO. The effect of acidic pretreatment solutions on the direct bonding of orthodontic brackets to enamel. *Angle Orthod.* 38(3):236–43, 1968.
83. Zhu JJ, Tang ATH, Matinlinna JP. Acid etching of human enamel in clinical applications: A systematic review. *J Prosthet Dent.* 112(2):122–35, 2014.
84. Perdigão J. Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater.* 26(2):24-37, 2010.
85. Masarwa N, Mohamed A, Abou-Rabii I. Longevity of Self-etch Dentin Bonding Adhesives Compared to Etch-and-rinse Dentin Bonding Adhesives: A Systematic Review. *J Evid Based Dent Pract.* 16(2):96–106, 2016.
86. Van Landuyt KL, Peumans M, Munck J De. Extension of a one-step self-etch adhesive into a multi-step adhesive. *Dent Mater.* 22(6):533–44, 2006.
87. Van Landuyt KL, Kanumilli P, De Munck J. Bond strength of a mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching. *J Dent.* 34(1):77–85, 2006.
88. Van Landuyt KL, De Munck J, Mine A. Filler debonding & subhybrid-layer failures in self-etch adhesives. *J Dent Res.* 89(10):1045–50, 2010.

89. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.*16(3):265–73, 1982.
90. Kanca J. Improving bond strength through acid etching of dentin and bonding to wet dentin surfaces. *J Am Dent Assoc.* 123(9):35–43, 1992.
91. Chen C, Niu L-N, Xie H. Bonding of universal adhesives to dentine – Old wine in new bottles? *J Dent.* 43(5):525–36, 2015.
92. Giannini M, Makishi P, Ayres APA. Self-Etch Adhesive Systems: A Literature Review. *Braz Dent J.* 26(1):3–10. 2015
93. Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R. Comparative Study on Adhesive Performance of Functional Monomers. *J Dent Res.* 83(6):454–8, 2004.
94. Manhart J, Chen H, Hamm G. Buonocore Memorial Lecture. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. *Oper Dent.* 29(5):481–508, 2004.
95. Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM. Resin permeation into acid-conditioned, moist, and dry dentin: a paradigm using water-free adhesive primers. *J Dent Res.* 75(4):1034–44, 1996.
96. Tay FR, Gwinnett JA, Wei SH. Micromorphological spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in water-free acetone-based, single-bottle primer/adhesives. *Dent Mater.* 12(4):236–44, 1996.
97. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater.*17(5):430–44, 2001.
98. Sakano W, Nakajima M, Prasansuttiporn T. Polymerization behavior within adhesive layer of one- and two-step self-etch adhesives: a micro-Raman spectroscopic study. *Dent Mater J.* 32(6):992–8, 2013.
99. Ebrahimi SF, Shadman N, Abrishami A. Effect of ferric sulfate contamination on the bonding effectiveness of etch-and-rinse and self-etch adhesives to superficial dentin. *J Conserv Dent* 16(2):126–30, 2013.
100. Cura M, González-González I, Fuentes V. Effect of surface treatment and aging on bond strength of composite resin onlays. *J Prosthet Dent.* 116(3):389–96, 2016.
101. Peumans M, Kanumilli P, Demunck J. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: A systematic review of current clinical trials. *Dent Mater.* 21(9):864–81, 2005.
102. Meerbeek B Van, Yoshida Y, Inoue S. Glass-ionomer adhesion: The mechanisms at the interface. *J Dent.* 989:1-3, 2006.

103. Ástvaldsdóttir Á, Dagerhamn J, van Dijken JWV. Longevity of posterior resin composite restorations in adults – A systematic review. *J Dent.* 3(8):934–54, 2015.
104. Zakir M, Al Kheraif AAA, Asif M, Wong FSL, Rehman IU. A comparison of the mechanical properties of a modified silorane based dental composite with those of commercially available composite material. *Dent Mater.* 29(4):53-9, 2013.
105. Goldstein GR. The longevity of direct and indirect posterior restorations is uncertain and may be affected by a number of dentist-, patient-, and material-related factors. *J Evid Based Dent Pract.* 10(1):30–1, 2010
106. Baldissera RA, Corrêa MB, Schuch HS. Are there universal restorative composites for anterior and posterior teeth? *J Dent.* 41(11):1027–35, 2013.
107. Opdam NJM, Bronkhorst EM, Loomans BAC. 12-year survival of composite vs. amalgam restorations. *J Dent Res.* 89(10):1063–7, 2010.
108. da Costa J. Summary of: the survival of Class V restorations in general dental practice: part 3, five-year survival. *Br Dent J.* 212(9):440–1, 2012.
109. Roumanas ED. The Frequency of Replacement of Dental Restorations May Vary Based on a Number of Variables, Including Type of Material, Size of the Restoration, and Caries Risk of the Patient. *J Evid Based Dent Pract.* 10(1):23–4, 2010.
110. van de Sande FH, Opdam NJ, Da Rosa Rodolpho PA, Correa MB, Demarco FF, Cenci MS. Patient Risk Factors' Influence on Survival of Posterior Composites. *J Dent Res.* 92:78–83, 2013.
111. Correa MB, Peres MA, Peres KG. Do socioeconomic determinants affect the quality of posterior dental restorations? A multilevel approach. *J Dent.* 41(11):960–7, 2013.
112. da Rosa Rodolpho PA, Cenci MS, Donassollo TA. A clinical evaluation of posterior composite restorations: 17-year findings. *J Dent.* 34(7):427–35, 2006.
113. Sharif MO, Catleugh M, Merry A. Replacement versus repair of defective restorations in adults: resin composite. In: Brunton P, editor. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.2, 2010.
114. Fennis WM, Kuijs RH, Roeters FJ. Randomized Control Trial of Composite Cuspal Restorations: Five-year Results. *J Dent Res.* 93(1):36–41, 2014.
115. Mjör IA, Moorhead JE, Dahl JE. Reasons for replacement of restorations in permanent teeth in general dental practice. *Int Dent J.* 50(6):361–6, 2000.
116. Hickel R, Brühaver K, Ilie N. Repair of restorations – Criteria for decision making and clinical recommendations. *Dent Mater.* 29(1):28–50, 2013.

117. Hickel R, Peschke A, Tyas M. FDI World Dental Federation: clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations-update and clinical examples. *Clin Oral Investig.* 14(4):349–66, 2010.
118. Blum IR, Jagger DC, Wilson NHF. Defective dental restorations: to repair or not to repair? Part 1: direct composite restorations. *Dent Update.* 38(2):78–80, 82–4, 2011.
119. Ferracane JL. Resin-based composite performance: Are there some things we can't predict? *Dent Mater.* 29(1):51–8, 2013.
120. Türkün LS. The clinical performance of one- and two-step self-etching adhesive systems at one year. *J Am Dent Assoc.* 136(5):656–64, 2005.
121. Ermis RB, Temel UB, Celik EU. Clinical Performance of a Two-step Self-etch Adhesive with Additional Enamel Etching in Class III Cavities. *Oper Dent.* 35(2):147–55, 2010.
122. Fron H, Vergnes J-N, Moussally C. Effectiveness of a new one-step self-etch adhesive in the restoration of non-carious cervical lesions: 2-Year results of a randomized controlled practice-based study. *Dent Mater.* 27(3):304–12, 2011.
123. Krejci I, Lieber CM, Lutz F. Time required to remove totally bonded tooth-colored posterior restorations and related tooth substance loss. *Dent Mater.* 11(1):34–40, 1995
124. Dennison JB, Sarrett DC. Prediction and diagnosis of clinical outcomes affecting restoration margins. *J Oral Rehabil.* 39(4):301–18, 2012.
125. Chan DCN, Chung AKH. Management of idiopathic subgingival amalgam hypertrophy--the common amalgam overhang. *Oper Dent.* 34(6):753–8, 2009.
126. Blum IR, Lynch CD, Wilson NHF. Teaching of direct composite restoration repair in undergraduate dental schools in the United Kingdom and Ireland. *Eur J Dent Educ.* 16(1):53–8, 2012.
127. Vankerckhoven H, Lambrechts P, van Beylen M. Unreacted methacrylate groups on the surfaces of composite resins. *J Dent Res.* 61(6):791–5, 1982.
128. Özcan M, Corazza PH, Marocho SMS. Repair bond strength of microhybrid, nanohybrid and nanofilled resin composites: effect of substrate resin type, surface conditioning and ageing. *Clin Oral Investig.* 17(7):1751–8, 2013.
129. Ahmadizenouz G, Esmaili B, Taghvaei A. Effect of different surface treatments on the shear bond strength of nanofilled composite repairs. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 10(1):9–16, 2016
130. Kupiec KA, Barkmeier WW. Laboratory evaluation of surface treatments for composite repair. *Oper Dent.* 21(2):59–62, 1996.

131. Celik C, Cehreli SB, Arhun N. Resin composite repair: Quantitative microleakage evaluation of resin-resin and resin-tooth interfaces with different surface treatments. *Eur J Dent.* 9(1):92–9, 2015.
132. Ozcan M, Alander P, Vallittu PK. Effect of three surface conditioning methods to improve bond strength of particulate filler resin composites. *J Mater Sci Mater Med.* 16(1):21–7, 2005
133. Arami S, Hasani Tabatabaei M, Namdar F. Shear bond strength of the repair composite resin to zirconia ceramic by different surface treatment. *J lasers Med Sci.* 5(4):171–5, 2014.
134. Wahsh MM, Ghallab OH. Influence of different surface treatments on microshear bond strength of repair resin composite to two CAD/CAM esthetic restorative materials. *Tanta Dent J.* 12(3):178–84, 2015.
135. Loomans B, Özcan M. Intraoral Repair of Direct and Indirect Restorations: Procedures and Guidelines. *Oper Dent.* 41(S7):S68–78, 2016.
136. Staxrud F, Dahl JE. Silanising agents promote resin-composite repair. *Int Dent J.* 65(6):311–5, 2015.
137. Shafiei F, Akbarian S, Daryadar M. Effect of Intermediate Agents and Preheated Composites on Repair Bond Strength of Silorane-Based Composites. *J Dent (Tehran).* 12(9):669–77, 2015.
138. Söderholm KJ, Roberts MJ. Variables influencing the repair strength of dental composites. *Scand J Dent Res.* 99(2):173–80, 1991.
139. Furuse AY, da Cunha LF, Benetti AR. Bond strength of resin-resin interfaces contaminated with saliva and submitted to different surface treatments. *J Appl Oral Sci.* 15(6):501–5, 2007
140. Giachetti L, Scaminaci Russo D, Baldini M. Reparability of aged silorane with methacrylate-based resin composite: micro-shear bond strength and scanning electron microscopy evaluation. *Oper Dent.* 37(1):28–36, 2012.
141. Wiegand A, Stawarczyk B, Buchalla W. Repair of silorane composite—Using the same substrate or a methacrylate-based composite? *Dent Mater.* 28(3):19–25, 2012.
142. Navarra CO, Cadenaro M, Armstrong SR. Degree of conversion of Filtek Silorane Adhesive System and Clearfil SE Bond within the hybrid and adhesive layer: An in situ Raman analysis. *Dent Mater.* 25(9):1178–85, 2009.
143. Lührs A-K, Görmann B, Jacker-Guhr S. Reparability of dental siloranes in vitro. *Dent Mater.* 27(2):144–9, 2011.
144. Alizadeh Oskoe P, Mohammadi N, Ebrahimi Chaharom ME. Effect of Surface Treatment with Er;Cr:YSSG, Nd:YAG, and CO₂ Lasers on Repair Shear Bond

Strength of a Silorane-based Composite Resin. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 7(2):61–6, 2013.

145. Alizadeh Oskoe P, Kimyai S, Talatahari E. Effect of Mechanical Surface Treatment on the Repair Bond Strength of the Silorane-based Composite Resin. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 8(2):61–6, 2014.

146. Lima AF, Ferreira SFA, Catelan A. The effect of surface treatment and bonding procedures on the bond strength of silorane composite repairs. *Acta Odontol Scand*. 72(1):71–5, 2014.

147. Hamano N, Ino S, Fukuyama T. Repair of silorane-based composites: microtensile bond strength of silorane-based composites repaired with methacrylate-based composites. *Dent Mater J*. 32(5):695–701, 2013.

148. Joulaei M, Bahari M, Ahmadi A. Effect of Different Surface Treatments on Repair Micro-shear Bond Strength of Silica- and Zirconia-filled Composite Resins. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 6(4):131–7, 2012.

149. Moncada G, Martin J, Fernández E. Sealing, refurbishment and repair of Class I and Class II defective restorations: a three-year clinical trial. *J Am Dent Assoc*. 140(4):425–32, 2009.

150. Opdam NJM, Bronkhorst EM, Loomans BAC. Longevity of repaired restorations: A practice based study. *J Dent*. 40(10):829–35, 2012

151. Gordan V V, Shen C, Riley J. Two-year clinical evaluation of repair versus replacement of composite restorations. *J Esthet Restor Dent*. 18(3):144–53, 2006.

152. Sharif MO, Merry A, Catleugh M. Replacement versus repair of defective restorations in adults: amalgam. In: Brunton P, editor. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 8:1-18, 2014.

153. Sharif MO, Fedorowicz Z, Tickle M. Repair or replacement of restorations: do we accept built in obsolescence or do we improve the evidence? *BDJ*. 209(4):171–4, 2010.

154. Mobarak E, El-Deeb H. Two-Year Interfacial Bond Durability and Nanoleakage of Repaired Silorane-Based Resin Composite. *Oper Dent*. 38(4):408–18, 2013.

155. Fernández EM, Martin JA, Angel PA, Mjör IA, Gordan V V, Moncada GA. Survival rate of sealed, refurbished and repaired defective restorations: 4-year follow-up. *Braz Dent J*. 22(2):134–9, 2011.

156. Frencken JE, Peters MC, Manton DJ. Minimal intervention dentistry for managing dental caries - a review: report of a FDI task group. *Int Dent J*. 62(5):223–43, 2012

157. Gordan V V, Riley JL, Blaser PK. Alternative treatments to replacement of defective amalgam restorations: results of a seven-year clinical study. *J Am Dent Assoc.* Jul 142(7):842–9, 2011.
158. Gordan V V, Garvan CW, Blaser PK. A long-term evaluation of alternative treatments to replacement of resin-based composite restorations: results of a seven-year study. *J Am Dent Assoc.* 140(12):1476–84, 2009
159. Moorthy A, Hogg CH, Dowling AH. Cuspal deflection and microleakage in premolar teeth restored with bulk fill flowable resin-based composite base materials. *J Dent [Internet].* 40(6):500–5, 2012.
160. Rullmann I, Schattenberg A, Marx M. Photoelastic determination of polymerization shrinkage stress in low-shrinkage resin composites. *Odontol e Stomatol.* 122(4):294–9, 2012.
161. Roggendorf MJ, Krämer N, Appelt A. Marginal quality of flowable 4-mm base vs. conventionally layered resin composite. *J Dent.* 39(10):643–7, 2011.
162. Rees JS, Jagger DC, Williams DR. A reappraisal of the incremental packing technique for light cured composite resins. *J Oral Rehabil.* 31(1):81–4, 2004.
163. Kwon Y, Ferracane J, Lee I-B. Effect of layering methods, composite type, and flowable liner on the polymerization shrinkage stress of light cured composites. *Dent Mater.* 28(7):801–9, 2012.
164. Koc-Vural U, Kerimova L, Baltacioglu I. Bond strength of dental nanocomposites repaired with a bulkfill composite. *J Clin Exp Dent.* 9(3):437-42, 2017.
165. Lazarchik DA, Hammond BD, Sikes CL. Hardness comparison of bulk filled/transtooth and incremental-filled/occlusally irradiated composite resins. *J Prosthet Dent.* 98(2):129–40, 2007.
166. Sarrett DC. Clinical challenges and the relevance of materials testing for posterior composite restorations. *Dent Mater.* 21(1):9–20, 2005.
167. Walter R. Bulk fill Flowable Composite Resins. *J Esthet Restor Dent.* 25(1):72–6, 2013.
168. Ilie N, Keßler A, Durner J. Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerisation kinetics of bulk fill resin based composites. *J Dent.* 41(8):695–702, 2013.
169. Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Investig.* 17(1):227–35, 2013.
170. El-Damanhoury H, Platt J. Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk fill resin composites. *Oper Dent.* 39(4):374–82, 2014.

171. Orłowski M, Tarczydło B, Chałas R. Evaluation of marginal integrity of four bulk fill dental composite materials: in vitro study. *ScientificWorldJournal*.1-8, 2015. doi: 10.1155/2015/701262.
172. Opdam NJM, van de Sande FH, Bronkhorst E. Longevity of Posterior Composite Restorations: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Dent Res*. 93(10):943–9, 2014.
173. El Naga AA. The Microshear Bond Strength of Repaired Resin Composite after Different Surface and Bonding Treatments. *J Am Sci*. 13(1):79-86, 2017.
174. Elderton RJ. Clinical studies concerning re-restoration of teeth. *Adv Dent Res*. 4(1):4–9, 1990.
175. Inoue T. Repair of restoration materials: repair of amalgam and composite resin used in restorations. *Shikai Tenbo*. 52(1):87–96, 1978.
176. Katsuyama S, Nogami I, Tsuzuki K. Prognosis in composite resin restoration and its repair. *Shikai Tenbo*. 53(1):1–12. 1979
177. Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken JE. Minimal intervention dentistry--a review. FDI Commission Project 1-97. *Int Dent J*. 50(1):1–12, 2000.
178. Celik C, Cehreli BS, Bagis B. Microtensile bond strength of composite-to-composite repair with different surface treatments and adhesive systems. *J Adhes Sci Technol*. 28(13):1264–76, 2014.
179. Rinastiti M, Özcan M, Siswomihardjo W. Effect of biofilm on the repair bond strengths of composites. *J Dent Res*. 89(12):1476–81, 2010.
180. Yesilyurt C, Kusgoz A, Bayram M. Initial Repair Bond Strength of a Nano-filled Hybrid Resin: Effect of Surface Treatments and Bonding Agents. *J Esthet Restor Dent*.21(4):251–60, 2009.
181. Brendeke J, Ozcan M. Effect of physicochemical aging conditions on the composite-composite repair bond strength. *J Adhes Dent*. 9(4):399–406, 2007.
182. Xie C, Han Y, Zhao X-Y. Microtensile bond strength of one- and two-step self-etching adhesives on sclerotic dentin: the effects of thermocycling. *Oper Dent*. 35(5):547–55, 2010.
183. Nikaido T, Kunzelmann K-H, Chen H, Evaluation of thermal cycling and mechanical loading on bond strength of a self-etching primer system to dentin. *Dent Mater*. 18(3):269–75, 2002.
184. Ozcan M, Barbosa S, Melo R. Effect of surface conditioning methods on the microtensile bond strength of resin composite to composite after aging conditions. *Dent Mater*. 23(10):1276–82, 2007

185. Özcan M, Cura C, Brendeke J. Effect of aging conditions on the repair bond strength of a microhybrid and a nanohybrid resin composite. *J Adhes Dent.* 12(6):451–9, 2010.
186. Shahdad SA, Kennedy JG. Bond strength of repaired anterior composite resins: an in vitro study. *J Dent.* 26(8):685–94, 1998.
187. Teixeira EC, Bayne SC, Thompson JY. Shear bond strength of self-etching bonding systems in combination with various composites used for repairing aged composites. *J Adhes Dent.* 7(2):159–64, 2005.
188. Rinastiti M, Özcan M, Siswomihardjo W. Effects of surface conditioning on repair bond strengths of non-aged and aged microhybrid, nanohybrid, and nanofilled composite resins. *Clin Oral Investig.* 15(5):625–33, 2011.
189. Consani RLX, Marinho T, Bacchi A. Repair Strength in Simulated Restorations of Methacrylate- or Silorane-Based Composite Resins. *Braz Dent J.* 27(4):463–7, 2016.
190. Özcan M, Pekkan G. Effect of Different Adhesion Strategies on Bond Strength of Resin Composite to Composite-dentin Complex. *Oper Dent.* 38(1):63–72, 2013.
191. Swift EJ, LeValley BD, Boyer DB. Evaluation of new methods for composite repair. *Dent Mater.* 8(6):362–5, 1992.
192. Bonstein T, Garlapo D, Donarummo J. Evaluation of varied repair protocols applied to aged composite resin. *J Adhes Dent.* 7(1):41–9, 2005
193. Lucena-Martín C, González-López S, Navajas-Rodríguez de Mondelo JM. The effect of various surface treatments and bonding agents on the repaired strength of heat-treated composites. *J Prosthet Dent.* Nov 86(5):481–8, 2001.
194. Hasani Tabatabaei M, Alizade Y, Taalim S. Effect of Various Surface Treatment on Repair Strength of Composite Resin. *Surf Treat Compos Repair Bond Strength. J Dent.* 11(4), 2004.
195. Nóbrega CA, Fonseca LA, Rezende PA. Effect of Surface Treatments and Bonding Agents on the Bond Strength of Repaired Composites. *J Esthet Restor Dent.* 19(2):90–8, 2007.
196. da Costa TRF, Serrano AM, Atman APF. Durability of composite repair using different surface treatments. *J Dent.* 40(6):513–21, 2012.
197. Staxrud F, Dahl JE. Role of bonding agents in the repair of composite resin restorations. *Eur J Oral Sci.* 119(4):316–22, 2011.
198. Eliasson S, Tibballs J, Dahl J. Effect of Different Surface Treatments and Adhesives on Repair Bond Strength of Resin Composites After One and 12 Months of Storage Using an Improved Microtensile Test Method. *Oper Dent.* 39(5):206–16, 2014.

199. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater.* 26(2):100-21, 2010.
200. Burke FJT, Hussain A, Nolan L. Methods used in dentine bonding tests: an analysis of 102 investigations on bond strength. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2008 Dec. 16(4):158-65.
201. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength--evaluation of a micro-tensile bond test. *Dent Mater.* 10(4):236-40, 1994.
202. Shimada Y, Yamaguchi S, Tagami J. Micro-shear bond strength of dual-cured resin cement to glass ceramics. *Dent Mater.* 18(5):380-8, 2002.
203. Üstün Ö, Büyükhatipoğlu IK, Seçilmiş A. Shear Bond Strength of Repair Systems to New CAD/CAM Restorative Materials. *J Prosthodont.* 1-7, 2016. doi: 10.1111/jopr.12564.
204. Duddu MK, Muppa R, Panthula P. Comparison of shear bond strength and micro-leakage of three commercially available seventh generation bonding agents in primary anterior teeth: an in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 33(2):116-21, 2015.
205. Flury S, Peutzfeldt A, Lussi A. Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites. *Dent Mater.* 30(10):1104-12, 2014.
206. Usha C, Ramarao S, John BM. Evaluation of the Shear Bond Strength of Composite Resin to Wet and Dry Enamel Using Dentin Bonding Agents Containing Various Solvents. *J Clin DIAGNOSTIC Res.* 11(1):41-44, 2017.
207. Puckett AD, Holder R, O'Hara JW. Strength of posterior composite repairs using different composite/bonding agent combinations. *Oper Dent.* 16(4):136-40, 1991.
208. Mohammadi N, Shakur Shahabi M, Kimyai S. Shear Bond Strengths of Methacrylate- and Silorane-based Composite Resins to Feldspathic Porcelain using Different Adhesive Systems. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 9(3):181-7, 2015.
209. Di Hipólito V, Reis AF, Mitra SB. Interaction morphology and bond strength of nanofilled simplified-step adhesives to acid etched dentin. *Eur J Dent.* 6(4):349-60, 2012.
210. Swift EJ, Perdigão J, Heymann HO. Enamel bond strengths of "one-bottle" adhesives. *Pediatr Dent.* 20(4):259-62, 1998.
211. Yelamali S, Patil A. Evaluation of shear bond strength of a composite resin to white mineral trioxide aggregate with three different bonding systems-An in vitro analysis. *J Clin Exp Dent.* 8(3):273-7, 2016.

212. Yokokawa M, Rikuta A, Tsujimoto A. Influence of methyl mercaptan on the repair bond strength of composites fabricated using self-etch adhesives. *Eur J Oral Sci.* 123(1):46–52, 2015
213. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T. Interfacial Characteristics and Bond Durability of Universal Adhesive to Various Substrates. *Oper Dent.* 42(2):59–70, 2017.
214. Bahrololumi N, Beglou A, Najafi-abrandabadi A. Effect of water storage on ultimate tensile strength and mass changes of universal adhesives. 9(1):78-83, 2017.
215. Abdalla AI, Feilzer AJ. Four-year water degradation of a total-etch and two self-etching adhesives bonded to dentin. *J Dent.* 36(8):611–7, 2008.
216. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res.* 84(2):118–32, 2005.
217. Inoue S, Vargas MA, Abe Y. Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin. *J Adhes Dent.* 3(3):237–45, 2001.
218. Bayrak S, Tunç E Sen, Saroğlu I. Shear bond strengths of different adhesive systems to white mineral trioxide aggregate. *Dent Mater J.* 28(1):62–7, 2009.
219. Pavel Bradna LC, Bradna P, Lencova E. The Effect of Surface Treatment and Adhesive System on the Durability of Composite Repairs. *Dentistry.* 5(8), 2015.
220. Tezvergil A, Lassila LVJ, Vallittu PK. Composite-composite repair bond strength: effect of different adhesion primers. *J Dent.* 31(8):521–5, 2003.
221. Ribeiro JCR, Gomes PN, Moysés MR. Shear strength evaluation of composite-composite resin associations. *J Dent [Internet].* 36(5):326–30, 2008.
222. Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk fill Resin-based Composites: An In Vitro Assessment of Their Mechanical Performance. *Oper Dent.* 38(6):618–25, 2013.
223. Ilie N, Stark K. Curing behaviour of high-viscosity bulk fill composites. *J Dent.* 42(8):977–85, 2014.
224. Tarle Z, Attin T, Marovic D. Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk fill resin composites. *Clin Oral Investig.* 19(4):831–40, 2015.
225. Kumari Cm, Bhat Km, Bansal R. Evaluation of surface roughness of different restorative composites after polishing using atomic force microscopy. *J Conserv Dent.* 19(1):56, 2016.
226. Curtis AR, Palin WM, Fleming GJP. The mechanical properties of nanofilled resin-based composites: The impact of dry and wet cyclic pre-loading on bi-axial flexure strength. *Dent Mater.* 25(2):188–97, 2009.

227. Tauböck TT, Tarle Z, Marovic D. Pre-heating of high-viscosity bulk fill resin composites: Effects on shrinkage force and monomer conversion. *J Dent.* 43(11):1358–64, 2015.
228. Leprince JG, Palin WM, Vanacker J. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk fill composites. *J Dent.* 42(8):993–1000, 2014.
229. Fawzy AS, El-Askary FS, Amer MA. Effect of surface treatments on the tensile bond strength of repaired water-aged anterior restorative micro-fine hybrid resin composite. *J Dent.* 36(12):969–76, 2008.
230. Perriard J, Lorente MC, Scherrer S. The effect of water storage, elapsed time and contaminants on the bond strength and interfacial polymerization of a nanohybrid composite. *J Adhes Dent.* 11(6):469–78, 2009.

