



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ



**SÜT DİŞLERİNE UYGULANAN KOMPOMER VE BULK-FILL
KOMPOZİT RESTORASYONLARDA REBONDING AJANIN
MİKROSIZINTI, YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE
MİKROSERTLİĞE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ayşe Ruveyda GÖÇER

ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Tuğba BEZGİN

ANKARA

2022

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**SÜT DİŞLERİNE UYGULANAN KOMPOMER VE BULK-FILL
KOMPOZİT RESTORASYONLARDA REBONDING AJANIN
MİKROSIZINTI, YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE
MİKROSERTLİĞE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ayşe Ruveyda GÖÇER

ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Tuğba BEZGİN

**Bu araştırma Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinatörlüğü'nün 22L0234001 proje numarası ile desteklenmiştir**

ANKARA

2022

ETİK BEYAN

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı'na

Uzmanlık tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Süt Dişlerine Uygulanan Kompomer Ve Bulk-Fill Kompozit Restorasyonlarda Rebonding Ajanın Mikrosızıntı, Yüzey Pürüzlülüğü ve Mikrosertliğe Etkisinin Değerlendirilmesi” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler ve yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Uzmanlık Öğrencisinin Adı Soyadı: Ayşe Ruveyda GÖÇER

Tarih:14/04/2021

İmza:

Kabul ve Onay

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı Uzmanlık Programı
çerçevesinde yürütölmüş olan bu çalışma, aşğıdaki jüri üyeleri tarafından **Uzmanlık Tezi**
olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi:

18/05/2022

Prof. Dr. Şaziye SARI

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Çocuk Diş Hekimliği A.D.

Jüri Başkanı

Prof. Dr. Didem ATABEK

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Çocuk Diş Hekimliği A.D.

Üye

Doç. Dr. Tuğba BEZGİN

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Çocuk Diş Hekimliği A.D.

Üye

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	iii
Kabul ve Onay	iv
İçindekiler	v
Önsöz	viii
Simgeler ve Kısaltmalar	ix
Şekiller	xi
Çizelgeler	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Minenin Yapısı	1
1.2. Dentinin Yapısı	2
1.2.1. Dentinin Tabakaları	2
1.2.2. Peritübüler ve İntertübüler Dentin	3
1.2.3. Dentin Tübülleri	3
1.2.4. Dentin Sıvısı (Dentin Lenfi) ve Dentin Geçirgenliği	4
1.2.5. Smear Tabakası	5
1.3. Adeziv Diş Hekimliği	6
1.3.1. Mineye Adezyon	6
1.3.2. Dentine Adezyon	8
1.4. Dental Adeziv Sistemler	9
1.4.1. Dental Adeziv Sistemlerin Nesillere Göre Sınıflandırılması	9
1.4.1.1. Birinci Jenerasyon Dental Adezivler	9
1.4.1.2. İkinci Jenerasyon Dental Adezivler	9
1.4.1.3. Üçüncü Jenerasyon Dental Adezivler	10

1.4.1.4. Dördüncü Jenerasyon Dental Adezivler	10
1.4.1.5. Beşinci Jenerasyon Dental Adezivler	11
1.4.1.6. Altıncı Jenerasyon Dental Adezivler	11
1.4.1.7. Yedinci Jenerasyon Dental Adezivler	12
1.4.2. Dental Adeziv Sistemlerin Uygulama Yöntemlerine Göre Sınıflandırılması	12
1.4.3. Dental Adeziv Sistemlerin Uygulama Aşamasına Göre Sınıflandırılması	13
1.4.4. Dentin Adeziv Sistemlerin Klinik Uygulamalara Göre Sınıflandırılması	13
1.4.4.1. Total- etch (Etch and Rinse) Adeziv Sistemler	13
1.4.4.2. Self- etch Adeziv Sistemler	18
1.4.4.3. Cam iyonomer Adezivler Sistemler	24
1.5. Dental Mikrosızıntı	25
1.6. Mikrosızıntı Tespit Yöntemleri	27
1.7. Mikrosızıntıyı Önlemek için Yapılacak Klinik Uygulamalar	34
1.7.1. Polimerizasyon Büzülmesini Önleyecek Uygulamalar	35
1.7.2. Mikrosızıntının Önlenmesinde Kavite Dezenfektanlarının Kullanımı	41
1.7.3. Kaviteye Florür Uygulamasının Mikrosızıntıya Etkisi	43
1.7.4. Farklı Adeziv Sistemlerin Mikrosızıntıya Etkisi	43
1.8. Rebonding	44
1.9. Rebonding Ajanlar Nelerdir?	46
1.10. Restoratif Materyallerde Yüzey Pürüzlülüğü	47
1.10.1. Yüzey Pürüzlülüğü Tespit Yöntemleri	49
1.10.1.1. Profilometre	49
1.10.1.2. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)	50
1.11. Restoratif Materyallerde Mikrosertlik	52
1.11.1. Mikrosertlik Ölçüm Yöntemleri	53
1.11.2. Vickers Mikrosertlik Ölçüm Cihazı	53

1.12. Amaç	54
2. GEREÇ VE YÖNTEM	55
2.1. Etik Kurul Onayı	55
2.2. Mikrosızıntının Değerlendirilmesi için Örneklerin Toplanması ve Saklanması	55
2.3. Mikrosızıntının Değerlendirilmesi için Örneklerin Hazırlanması	56
2.4. Mikrosızıntının Değerlendirilmesi için Restoratif Materyallerin Uygulanması	57
2.5. Mikrosızıntının Değerlendirilmesi için Çalışma Gruplarının Belirlenmesi	58
2.6. Mikrosızıntının Değerlendirilmesi	59
2.7. Yüzey Pürüzlülüğü ve Mikrosertlik Değerlendirmesi için Örneklerin Hazırlanması	63
2.8. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) ile Yüzey Pürüzlülüğü Değerlendirmesi	64
2.9. Vickers Yöntemi ile Mikrosertlik Değerlendirmesi	66
2.10. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analiz	67
3. BULGULAR	68
3.1. Grupların Mikrosızıntı, Mikrosertlik ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Birbirleri ile Karşılaştırılması	68
3.2. Mikrosızıntı, Mikrosertlik ve Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümleri Arasında Korelasyon Değerlerine Ait Bulgular	72
4. TARTIŞMA	74
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	96
ÖZET	98
SUMMARY	100
KAYNAKLAR	102
EKLER	131
Ek-1: Etik Kurul Başvuru Onayı	131
ÖZGEÇMİŞ	132

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim süresince bana her konuda destek olan; engin bilgisi, tecrübesi ve sabrını hiçbir zaman esirgemeyen; tez çalışmamın her aşamasında bana destek olan; öğrencisi olmaktan hep mutluluk duyduğum ve hayatım boyunca örnek alacağım değerli danışman hocam Doç. Dr. Tuğba Bezgin'e,

Uzmanlık eğitimim süresince bilimsel ve mesleki tecrübelerinden yararlandığım ve yanlarında eğitim almaktan gurur duyduğum Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı Öğretim Üyeleri'ne,

Akademik bilgilerini, yardımlarını ve sabırlarını her zaman paylaşan, kapılarını her zaman çalabildiğim Dr. Öğr. Üyesi Burcu Nihan Yüksel ve Doç. Dr. Akif Demirel'e,

Berber çalışmaktan mutluluk duyduğum tüm asistan arkadaşlarım ve kürsü personeline,

Tez çalışmamın örneklerinin mikro-BT ile taranması ve incelenmesi aşamasındaki yardım ve desteklerinden dolayı Prof. Dr. Kaan Orhan'a ve Dr. Öğr. Üyesi Arda Büyüksungur'a,

Tez dönemimde olduğu gibi hayatımın her döneminde desteklerini hissettiğim canım arkadaşlarım Gülzehra Aras, Rabia Çelik ve Elif Yiğit'e,

Bugünlere gelebilmem için karşılıksız sevgileri ve destekleriyle her türlü özveri ve fedakârlığı gösteren, hayatım boyunca her konuda ve attığım her adımda bana duydukları güveni hissettiren, teşekkürlerin yetersiz kalacağı canım annem, babam ve kardeşime,

Bana hayatımın her anında destek olan, beni her zaman mutlu eden, hayatımda olduğu için kendimi çok şanslı hissettiğim canım eşime,

Sevgi, saygı ve tüm içtenliğimle teşekkürlerimi sunarım.

SİMGELER VE KISALTMALAR

AFM	Atomik Kuvvet Mikroskobu
ark	Arkadaşları
Bis-GMA	Bis-fenol A glisidil metakrilat
>	Büyüktür
dk	Dakika
°	Derece
ErCrYSGG	Erbiyum, Kromiyum: Yitriyum: Scandium-Gallium-Garnet
SDF/KI	Gümüş diamin florür/ potasyum iyodür
Hz	Hertz
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
HEMA	Hidroksietil metakrilat
2D	İki boyutlu
kVp	Kilovoltaj pik
CHX	Klorheksidin glukonat
CLSM	Konfokal Lazer Tarama Mikroskobu
<	Küçüktür
LED	Light Emitting Diode
maks	Maksimum
mW	Megavat
MPa	Megapaskal
MDP	Metakriloksesil dihidrojen fosfat
MET	Metakriloksietil trimellitik asit
Mikro-BT	Mikro bilgisayarlı tomografi
µm	Mikrometre
mA	Miliamper
mm	Milimetre
mm ³	Milimetre küp
min	Minimum
NPG-GMA	N-Fenilglisilin ve Glisid Metakrilat
Örn	Örneğin

pH	Power of hydrogen
sn	Saniye
°C	Santigrat derece
cm	Santimetre
cm ²	Santimetrekare
NaOCl	Sodyum hipoklorit
SS	Standart sapma
TEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
SPM	Tarama Uçlu Mikroskop
SEM	Tarayıcı Elektron Mikroskobu
TEG-DMA	Tri Etil Glikol Dimetakrilat
3D	Üç boyutlu
UDMA	Üretan dimetakrilat
VHN	Vickers Sertlik Değeri
~	Yaklaşık
%	Yüzde

ŞEKİLLER

Şekil 1.1. Tip 1 pürüzlenme	7
Şekil 1.2. Tip 2 pürüzlenme	7
Şekil 1.3. Tip 3 pürüzlenme	7
Şekil 1.4. Etch and rinse adezivlerin uygulanması sonucu oluşan hibrit tabaka	15
Şekil 1.5. İki aşamalı total etch adeziv (one bottle) sistemlerin dentine uygulanması	18
Şekil 1.6. İki şişe self-etch adeziv sistemlerin dentine uygulanması	21
Şekil 1.7. Tek aşamalı (all-in-one) self-etch adeziv sistemlerin dentine uygulanması	22
Şekil 1.8. Mikro-BT cihazının çalışma prensibi	31
Şekil 1.9. AFM tekniğinin şematik kurulumu	52
Şekil 2.1. Çalışmada kullanılan süt molar dişine bir örnek	56
Şekil 2.2. Mikrosızıntının değerlendirilmesi amacıyla dişin bukkal yüzüne açılan kavite örneği	56
Şekil 2.3. Bulk-fill kompozit uygulanan örnek	58
Şekil 2.4. İki tabaka tırnak cilasının restorasyon kenarlarına 1 mm yaklaşacak şekilde tüm diş yüzeylerine uygulanması	60
Şekil 2.5. Mikro-BT cihazı	61
Şekil 2.6. Mikro-BT ile restorasyonun altında radyoopak olarak görüntülenen gümüş nitrat penetrasyonu	61
Şekil 2.7. Bulk-Fill kompozit kontrol grubunda Mikro-BT ile görüntülenen sızıntı	62
Şekil 2.8. Kompomer kontrol grubunda Mikro-BT ile görüntülenen sızıntı	62
Şekil 2.9. Kompomer bitirme+sof-lex disk uygulanmış grubunda Mikro-BT ile görüntülenen sızıntı	63
Şekil 2.10. Dolgu örneklerinin hazırlanması için kullanılan teflon kalıp ve dolgu örnekleri	64

Şekil 2.11. AFM Cihazı

65

Şekil 2.12. a) Negatif kontrol grubuna ait kompomer restorasyonun AFM ile elde edilen yüzey görüntüsü **b)** Pozitif kontrol grubuna ait kompomer restorasyonun AFM ile elde edilen yüzey görüntüsü **c)** Çalışma grubuna ait kompomer restorasyonun AFM ile elde edilen yüzey görüntüsü

65

Şekil 2.13. a) Negatif kontrol grubuna ait bulk-fill kompozit restorasyonun AFM ile elde edilen yüzey görüntüsü **b)** Pozitif kontrol grubuna ait bulk-fill kompozit restorasyonun AFM ile elde edilen yüzey görüntüsü **c)** Çalışma grubuna ait bulk-fill kompozit restorasyonun AFM ile elde edilen yüzey görüntüsü

66

Şekil 2.14. Mikrosertlik ölçüm cihazı

67



ÇİZELGELER

Çizelge 3.1. Uygulanan kompomer ve bulk-fill kompozit restorasyonlarının mikrosızıntı, mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi 69

Çizelge 3.2. Kompomer uygulanan grupların kendi içinde mikrosızıntı, mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin karşılıklı olarak değerlendirilmesi 70

Çizelge 3.3. Bulk-fill kompozit uygulanan grupların kendi içinde mikrosızıntı, mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin karşılıklı olarak değerlendirilmesi 71

Çizelge 3.4. Uygulanan kompomer ve bulk-fill kompozit restorasyonlara ait mikrosızıntı, mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü ölçümleri arasındaki korelasyon değerleri 72

1. GİRİŞ

Günümüzde adezyon yolu ile dişlerin sert dokularına bağlanabilen restoratif materyallerde önemli gelişmeler meydana gelmiştir. İyi bir restoratif materyalin diş sert dokularına adezyon sağlaması, kalan diş dokusunu desteklemesi, mikrosızıntıyı engelleyecek şekilde tam örtücülüğü ve kenar uyumunu sağlaması ve yüksek aşınma ve kırılma direncine sahip olması gerekmektedir. Rezin restoratif materyallerdeki gelişmelerin devam etmesine rağmen halen bu tür restorasyonlarda istenen ağızda kalma sürelerine ulaşamamıştır (Kaya 2014).

Süt dişlerinin restorasyonunda; adeziv sistemlerle birlikte diş renginde restoratif materyallerin kullanımı minimal kavite preperasyonlarına izin vermekte ve sıklıkla tercih edilmektedir (Tran ve Messer 2003).

1.1. Minenin Yapısı

Mine, ağırlıkça yaklaşık %94-98 inorganik, %1-2 organik ve %1-4 su içeren yüksek oranda kristalize bir dokudur. Hacim bakımından ise inorganik materyal %86'sını, su %12'sini ve organik materyal %2'sini meydana getirmektedir. İnorganik yapının büyük bir kısmını hidroksiapatit kristalleri, organik yapıyı ise kollajen oluşturur. Mine histolojik olarak, birbirinden 1 µm aralıklarla dizilmiş 4-6 µm çapında mine prizmalarından meydana gelir. Bu prizmalar mine-dentin sınırından mineye doğru uzanırlar. Mine prizmaları mine-dentin birleşimine yakın minenin üçte birlik kısmında kıvrımlı bir yol izlerken; geri kalan üçte ikilik kısmında daha düz bir doğrultu izlemektedir (Dayangaç 2000, De Munck ve ark. 2005, Robinson 1984, Schwartz ve ark. 1996).

Prizmalar arasındaki alan protein bakımından zengindir ve interprizmatik mine olarak adlandırılır (Fejerskov ve ark. 1984).

İnorganik yapının fazla olması mineye daha yüksek yüzey enerjisi sağlamaktadır. Su içeriğinin azlığı ise adeziv bağlanmayı kolaylaştırmaktadır (Inokoshi ve ark. 1996, Van Meerbeek ve ark. 1992).

1.2. Dentinin Yapısı

Dentinin yaklaşık %70'i inorganik, %20'si organik, %10'u ise sudan oluşmaktadır. Hidroksiapatit $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$ en önemli inorganik komponenttir. Kollajen organik matriksin %90'ını oluşturur. Organik matriksin %10'luk kısmı ise fosfoproteinler, proteoglikanlar, büyüme faktörleri ve yağları içerir. Süt ve sürekli diş dentini morfolojik yapı ve histolojik özellikleri bakımından birbirine benzer olmakla birlikte süt dışında dentinin prenatal ve postnatal olmak üzere iki tabakadan oluşması nedeniyle prenatal dentinin yoğun ve homojen yapısına karşılık postnatal dentinin daha az yoğun ve daha pöröz bir yapı gösterdiği görülür (Goldberg ve ark.1993, Pashley ve ark. 2002, Sumikawa ve ark. 1999).

1.2.1. Dentinin Tabakaları

Diş gelişimi sırasında oluşan dentine 'primer dentin' denir ve büyük bir kısmı dişin sürmesinden önce oluşur. İlk oluşan dentin 'manto dentin'dir. Mine ya da sementin hemen altında, primer dentin tabakasının en üstünde yer alır. Odontoblastlar primer dentini yaptıktan ve diş sürdükten sonra dentin yapmaya devam ederken içeride uzantılarını bırakarak dentin tübüllerini oluştururlar (Mjör ve ark. 2001, Pashley ve ark. 2002, Pashley ve ark. 2006).

‘Sekonder dentin’, kök gelişimi tamamlandıktan sonra oluşan dentindir. Sekonder dentin ve primer dentin aynı odontoblastlar tarafından oluşturulduğu için tübüler yapı devamlılık gösterir (Pashley ve ark. 2006).

Ancak dişin hayatı boyunca; kimyasal irritanlar, çürük, restoratif işlemler, travmalar gibi değişik uyaranlara cevaben oluşan dentin yapısı ise, ‘tersiyer dentin’dir (Pashley ve ark. 2002). Tersiyer dentin; irregüler sekonder dentin, irritasyon dentini, reaksiyoner dentin ya da reperatif dentin olarak da adlandırılmaktadır (Pashley 2002).

1.2.2. Peritübüler ve İntertübüler Dentin

‘Peritübüler dentin’ tübülleri saran dentin, ‘intertübüler dentin’ ise tübüller arasındaki dentindir. Dentinin büyük kısmını intertübüler dentin oluşturmaktadır (Pashley ve ark. 2006).

Peritübüler dentin matriksi daha az kollajen, daha fazla proteoglikan ve mineral içerdiği için intertübüler dentine oranla daha serttir (Kinney ve ark. 1996).

1.2.3. Dentin Tübülleri

Dentin tübülleri odontoblastik uzantıların etrafında oluşan, materyallerin dentine geçişini sağlayan ana kanallardır. Dentin-mine ve dentin-sement birleşiminden pulpaya kadar tüm dentini saran tübüller, dentin-mine birleşiminden pulpaya doğru hafif bir S çizerek uzanırlar. Tübüllerin pulpaya yaklaştıkça birbirine yaklaşması ve tübül çaplarının da pulpaya doğru giderek genişlemesi sonucu bu bölgede tübül yoğunluğu artar. Derin dentinde %30’a ulaşan tübüler yapı, yüzeyel dentinin %1’ini oluşturur (Garberoglio ve Brännström 1976, Pashley 1996, Pashley ve ark. 2002, Pashley ve ark. 2006).

Süt dişlerinde, dentin túbüllerine paralel olarak konumlanmış geniş kanallar olduğu gözlenmiştir. Peritúbüler dentin benzeri bir yapı ile çevrelenmiş olan bu kanalların çapları dentin túbüllerinin çaplarından yaklaşık 10 kat daha fazla olduğu görülmüştür. Bu kanalların içerisinde odontoblast uzantısı olmadığı ancak mineralize kollajen lifler bulunduğu belirtilmektedir. Bu yönüyle dentin túbüllerinden farklı olduğu görülmüştür. Bu sebeple süt dişlerinin sürekli dişlere oranla daha geçirgen ve diş etkenlere daha duyarlı olduğu belirtilmiştir (Agematsu ve ark. 2005).

1.2.4. Dentin Sıvısı (Dentin Lenfi) ve Dentin Geçirgenliği

Hacim olarak yüzeyel dentinin %1'ini, derin dentinin ise %22'sini oluşturan sıvıdır. Plazma sıvısına benzeyen bu sıvı pulpadaki terminal kapillerlerden gelir ve odontoblastlar arasından sızarak mine-dentin sınırına kadar ulaşır (Coffey ve ark. 1970, Pashley 1996, Pashley ve ark. 2006, Smulson ve ark. 1989).

Dentin sıvısının yayılımı túbül çap ve sayısı ile doğru orantılıdır. Bu sebeple, túbüllerin çap ve sayıları pulpaya yaklaştıkça arttığı için dentin geçirgenliği de pulpaya yaklaştıkça artar (Pashley 1996, Pashley ve ark. 2006). Ancak, túbüllerin fizyolojik çaplarını daraltan odontoblastik uzantılar, kollajen lifler ve túbül iç yüzeyini çevreleyen lamina limitans tabakası (peritúbüler dentini çevreleyen membran) nedeniyle dentin geçirgenliğinin bir miktar azaldığı görülür (Dai ve ark. 1991, Pashley ve ark. 2006).

Kavite ve kök kanal preperasyonu sırasında dentin yüzeyinde oluşan smear tabakasının túbül ağızlarını tıkayarak dentin geçirgenliğini azalttığı ve bakteri girişini engelleyebildiği belirtilmektedir. Asit uygulaması ile birlikte smear tabakanın kaldırılması túbül ağızlarının tekrar açılmasına ve dentin geçirgenliğinin artmasına neden olmaktadır (Pashley ve ark. 2006).

1.2.5. Smear Tabakası

Smear tabakası, diş sert dokularında yapılan preparasyon sonrasında yüzeyde kalan organik ve inorganik bileşenlerdir. Yapısında inorganik dentin parçacıkları, denatüre kollajen parçacıkları, hidroksiapatit kristalleri, odontoblast uzantıları, kan hücreleri, bakteri ve tükürük bulunmaktadır (Albers 2002, Van Landuyt ve ark. 2005, Van Meerbeek ve ark. 2001).

Smear tabakasının dentin için koruyucu bir bariyer olduğu belirtilmiştir. Dentin sıvılarının hareketini %80-90 oranında, diffüzyonunu ise %25-30 oranında azaltır (Mjör 2001, Pashley ve ark. 1993).

Smear tabakası asit uygulaması ile kolaylıkla uzaklaştırılabilmektedir; ancak mekanik olarak herhangi bir alet ile kaldırmak mümkün olmamaktadır. Smear tabakasının asidik solüsyonlar ile uzaklaştırılması, açığa çıkan dentin yüzeyine sıvı akışını artırır (Albers 2002, Roberson ve ark. 2005).

Preparasyon sırasında kullanılan alet tipi, ıslak ya da kuru çalışılması ve kaldırılan dentin dokusunun kalınlığı gibi faktörler, oluşan smear tabakasının morfolojik özelliklerini, içeriğini ve kalınlığını etkiler (Joynt ve ark. 1991, Perdigão 2007, Swift ve ark. 1995, Van Meerbeek ve ark. 2001).

Günümüz dentin adeziv sistemleri smear tabakanın kaldırılması ya da modifiye edilmesi stratejilerinden birine dayanarak geliştirilmiştir.

1.3. Adeziv Diş Hekimliği

Adeziv diş hekimliği 1955 yılında ilk kez Buonocore tarafından, mineye %85'lik fosforik asit uygulaması sonrasında akrilik rezinin diş minesine bağlantısının arttığıının görülmesi ile ortaya çıkmıştır. Mikromekanik bağlanma, rezin monomerlerin pürüzlendirilmiş mine yüzeyinde oluşan mikro boşlukları doldurması ile oluşur. Mikromekanik bağlanmanın sağlanması ile birlikte Black'in benimsemiş olduğu 'korumak için genişlet' fikri ortadan kalkmaya başlamıştır. Minede yeterli retansiyonun elde edilmesi sonrasında, 1970'lerin sonlarına doğru, dentinin de asitle pürüzlendirilmesi gündeme gelmiş ve günümüzde kullanılan dental adeziv sistemlerin gelişimi başlamıştır (Kaya 2014).

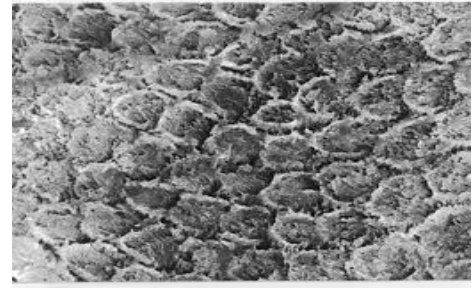
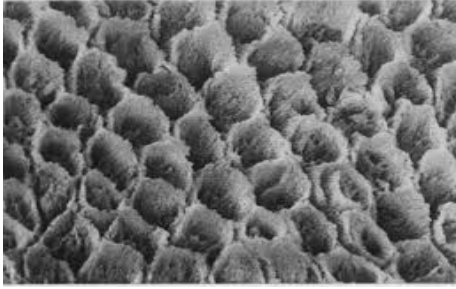
1.3.1. Mineye Adezyon

Mine inorganik içeriği yüksek olan bir yapıdır. Minenin inorganik içeriğinin dentine göre fazla olması, minenin asitlere karşı daha dirençli bir yapıya sahip olması anlamına gelmektedir ve bu sebeple yüzey enerjisi daha yüksektir. İn vitro araştırma sonuçlarına göre, fosforik asit uygulanması sonrasında, kompozitin mineye makaslama bağlanma kuvveti genellikle 20 MPa'nın (1-145 MPa) üzerindedir. Bu bağlanma kuvveti birçok restorasyon için yeterli retansiyon sağlar ve restorasyonun mine sınırında mikrosızıntı gelişmesini önler (Packham ve ark. 1992, Pilecki ve ark. 2005, Swift ve ark. 1998, Van Meerbeek ve ark. 2001).

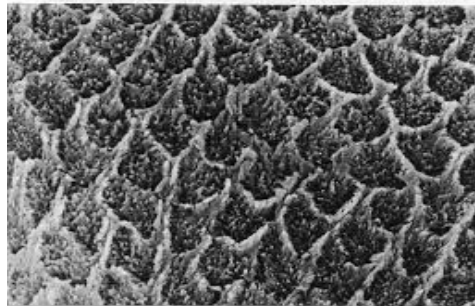
Silverstone ve ark. (1974), mine dokusuna bağlanmada yeterli bir retantif alan sağlanması için %30-40 oranında fosforik asit uygulanması gerektiğini söylemişlerdir. Bu konsantrasyon üzerinde bir asit uygulandığında bağlanma daha başarısız olmaktadır. Bunun sebebi yüksek konsantrasyonda daha az kalsiyum çözünmesidir. Mine yüzeyine asit uygulandığında, farklı düzeylerde prizmatik ve interprizmatik mineral kristalleri ortadan kalkar ve mikroskobik pürüzlülük sağlanır. Aynı zamanda asit uygulaması sonrasında minenin yüzey gerilimi düşer ve yüzeyin ıslanabilirliği

artar. Bu şekilde oluşan mikroporözitelere rezinin infiltrasyonu daha kolay gerçekleşir (Lambrechts ve ark. 2000, Månson-Rahemtulla 1984).

Silverstone ve ark.'nın (1975) tarayıcı elektron mikroskobu (SEM) ile yaptıkları çalışmada %30-40 oranında fosforik asit uygulanan mine yüzeyinde 3 farklı tip pürüzlenme olduğu gösterilmiştir (Şekil 1.1-1.3). Tip 1 pürüzlenmede mine prizmalarının iç kısmı (kor) çözünerek uzaklaşmış ve dış kısmı bozunmadan kalmıştır ve en sık görülen tiptir. Tip 2 pürüzlenmede ise kor kısmı çözünmeden kalırken, mine prizmalarının periferlerinde çözünme görülerek kaldırım taşı görüntüsü ortaya çıkmıştır. Tip 3 pürüzlenme, tip 1 ve tip 2 pürüzlendirmenin kombinasyonu şeklindedir ve prizmaların morfolojisine uyum göstermeyen bir çözünme söz konusudur. Ancak bu pürüzlendirme tipleri ile mineye olan bağlanma kuvveti arasında klinik olarak anlamlı bir bağlantı bulunamamıştır (Kaya 2014, Lopes ve ark. 2007).



Şekil 1.1. Tip 1 pürüzlenme (bal peteği görünümü) **Şekil 1.2.** Tip 2 pürüzlenme (kaldırım taşı görünümü)



Şekil 1.3. Tip 3 pürüzlenme

Temel olarak minenin asitle pürüzlendirilmesi sonrasında oluşan porözitelere rezinin yerleşmesi ve açığa çıkan hidroksiapatit kristallerinin monomerlerle sarılmasıyla minede adezyon gerçekleşir (Swift ve ark. 1995).

1.3.2. Dentine Adezyon

Dentine adezyonda en büyük zorluk, mineye göre daha nemli bir yapısının olmasıdır. Dentin tübüllerinin içerisinde dağılan sıvı dentinde bulunan sıvının çoğunluğunu oluşturur. Bu sıvının miktarı, dentin tübüllerinin yoğunluğuna, dentinin derinliğine ve lokalizasyonuna göre değişir. Pulpaya yaklaştıkça tübüllerdeki sıvı ve dentindeki nemlilik artmaktadır. Bu nedenle bir adeziv dentine bağlanabilmesi için hidrofilik olması gerekmektedir (Kaya 2014, Nakabayashi ve ark. 1998, Özkul ve ark. 2012, Roberson ve ark. 2005).

Dentine adezyonda rol oynayan diğer etkenler; smear tabakası, dentin içeriği (dentin tübüllerinin yoğunluğu, çapı, peritübüler ve intertübüler dentin oranı), dentin kalınlığı ve yapısına bağlı olarak dentinin değişen geçirgenliği (demineralize ya da sklerotik dentin) ve yaştır (Dayangaç 2011).

Özet olarak; dentine bağlanma mineye bağlanmadan daha zordur. Bunun nedeni dentinin histolojik yapısının mineye göre daha karmaşık olması ve sıvı içeriğinin fazla olmasıdır. Dentinin yapısında yer alan sıvının adeziv bağlanmaya engel olabileceği düşünülmektedir çünkü dentin kanallarının içinde rezin taglar oluşsa bile hidrofobik rezinler hidrofilik yapılara bağlanamazlar. Dentine bağlanmayı zorlaştıran diğer etkenler de dentinin organik içeriğinin fazla olması, odontoblastik uzantılar içeren tübüllere sahip olması ve kavite preperasyonu sonucunda yüzeyde oluşan smear tıkaçları olarak özetlenebilir (Lopes ve ark. 2002, Perdigao ve Lopes 1999, Perdigao 2007, Roberson ve ark. 2005, Swift ve ark. 1995, Van Landuyt ve ark. 2005).

1.4. Dental Adeziv Sistemler

1.4.1. Dental Adeziv Sistemlerin Nesillere Göre Sınıflandırılması

Bu sınıflamada adeziv sistemler gelişimlerindeki kronolojiye göre 7 jenerasyonda sınıflandırılmışlardır:

1.4.1.1. Birinci Jenerasyon Dental Adezivler

Buonocore tarafından 1956'da geliştirilen bu adeziv sistemler, gliserofosforik asit dimetakrilat [N-Fenilglisilin ve Glisid Metakrilat (NPG-GMA) türevi] içerikli rezinin asit uygulanmış dentine adezyonunu göstermeyi amaçlamıştır. Bu adeziv sistemler hidroksiapatite iyonik bağlanma ya da kollajene kovalent bağlanma (hidrojen bağlama) üzerine tasarlanmıştır. Ancak, su emilimi bağlantıyı büyük oranda olumsuz etkilemiştir. Genel olarak bu nesil, çok düşük klinik bağlantı sonuçlarına ve 1-3 MPa aralığında düşük bağlanma gücüne sahip olarak kabul edilmektedir (Sofan ve ark. 2017).

1.4.1.2. İkinci Jenerasyon Dental Adezivler

İkinci nesil dentin adeziv sistemler 1970'lerin sonlarına doğru tanıtılmış ve birinci nesil adezivlerde kullanılan bağlanma ajanları geliştirilmeye çalışılmıştır. 2. nesil dentin adeziv sistemlerde, diş yapısındaki kalsiyuma bağlanmayı sağlamak için Bis-GMA rezinlere eklenen polimerize edilebilir fosfatlar kullanılmıştır. Bağlanma mekanizması, kalsiyum ve klorofosfat grupları arasında iyonik bağ oluşumunu içermektedir. Bu nesil adezivlerde smear tabakası halen kaldırılmamış ve bu durum zayıf bağlantı oluşumuna neden olmuştur. Bağlanma dayanımı 4-6 MPa'dır (ADA 1987, Broome ve ark. 1985, Kugel ve Ferrari 2000).

1.4.1.3. Üçüncü Jenerasyon Dental Adezivler

Üçüncü nesil adeziv sistemler, 1980'lerin başında tanıtılmıştır. Bu sistemde, dentine asit uygulanması ile smear tabakasının modifiye edilmesi ya da kaldırılması fikri ortaya atılmıştır. Dentine asit uygulaması ile açığa çıkan tübüllere primer ve ardından doldurucusuz rezin materyal uygulanmaktadır. Bağlanma dayanımı, 1. ve 2. nesile göre daha yüksek (10-14 MPa) olarak bildirilmiştir (Kugel ve Ferrari 2000, Sofan ve ark. 2017, Swift 2002).

1, 2 ve 3. nesil adezivler günümüzde klinik kullanımda olan adezivler değildir. Günümüzde 4, 5, 6, ve 7. nesil adezivler kullanılmaktadır.

1.4.1.4. Dördüncü Jenerasyon Dental Adezivler

1980'lerde dördüncü nesil adeziv sistemler tanıtılmıştır. Bu nesil, smear tabakasının tamamen ortadan kaldırılmasını sağlayan ilk nesildir ve dentine bağlanmada halen altın standart olarak kabul edilmektedir (Kaya 2014, Kugel ve Ferrari 2000).

Dördüncü nesil dental adezivlerin uygulanması 3 basamaktan oluşmaktadır:

1. Asit solüsyonu ile pürüzlendirme,
2. Etanol, aseton ve/veya su içinde reaktif olan hidrofilik monomerlerden oluşan primer solüsyonunun uygulanması,
3. Doldurucu ya da doldurucusuz hidrofobik bağlayıcı ajanın uygulanması'dır (Kaya 2014, Van Meerbeek ve ark. 1992).

Dördüncü nesil adezivlerde, bağlanma dayanımı ortalama 20 MPa olarak bulunmuştur (Kanca 1992).

1.4.1.5. Beşinci Jenerasyon Dental Adezivler

1990'larda ortaya çıkan beşinci nesil adeziv sistemler, dördüncü nesil adeziv sistemlerin uygulama basamaklarını azaltmayı, demineralize dentinde kollajen çöküşünü önlemeyi ve postoperatif hassasiyeti azaltmayı amaçlamıştır. Bu sistemlerde primer ve adeziv solusyonları tek şişede birleştirilmiş ve 'tek şişe adezivler' olarak adlandırılmışlardır. Ancak 'tek şişe', 'tek basamak' tanımlaması aynı değildir çünkü bu sistemlerde primer/adeziv uygulaması öncesinde asit uygulanmakta ve primer/adeziv uygulamasının genellikle iki ya da fazla kat olacak şekilde tekrarlanması gerekmektedir (De Munck ve ark. 2005, Kugel ve Ferrari 2000, Leinfelder 2001, Swift 1998).

1.4.1.6. Altıncı Jenerasyon Dental Adezivler

1990'lı yılların sonlarında ve 2000'li yılların başlarında 'self-etch' adeziv sistemler olarak da bilinen altıncı nesil adeziv sistemler üretilmiştir. Bu adeziv sistemler, asitleme aşamasını ortadan kaldırmayı hedeflemiştir. Asitleme aşamasını diğer aşamalara dahil eden bu sistemde önce dişe asidik primer uygulanır sonrasında adeziv rezin uygulanır. Daha sonra geliştirilen bazı altıncı nesil adeziv sistemlerde; ayrı şişelerde olan asidik primer ve adezivin karıştırılmasıyla birlikte tek şişeye dşürülmüştür (Pashly 2002, Van Meerbeek ve ark. 2003).

Altıncı nesil adezivlerin en büyük avantajı dentinin nemlilik durumundan total-etch sistemlere göre daha az etkilenmeleridir. Dezavantaj olarak, dentine bağlanmanın iyi olduğu fakat mineye olan bağlantının düşük olması gösterilebilir. Bunun sebebi, altıncı nesil adezivlerin mineyi yeterli pürüzlendirememesidir. Mineye olan bağlantıyı arttırmak için adeziv uygulaması öncesi minenin 'selektif asitlenmesi' önerilmiştir. Ancak asit uygulamasının sadece mine ile sınırlı kalmasına dikkat edilmelidir çünkü dentinde yapılan asitleme bağlanma mekanizmasını bozacak ve demineralizasyon

alanının fazla derinleşmesine yol açacaktır. Resinin bu alanlara yeterli şekilde infiltre olamaması durumunda bağlantı problemleri oluşacaktır (Alex 2008, Sofan ve ark. 2017).

1.4.1.7. Yedinci Jenerasyon Dental Adezivler

Yedinci nesil adeziv sistemler, 2000'lerin başlarında piyasaya sürülmüştür. Yedinci nesil adeziv sistemler asit, primer ve adezivin tek şişede olduğu 'all in one' sistemler olarak tanıtılmışlardır. Altıncı nesil adezivlerden farklı olarak ek bir karıştırma ya da uygulama basamağı gerektirmemektedirler. Ancak; asidik özellik gösteren bu sistemler formülasyonlarındaki su miktarı sebebiyle hidroliz ve kimyasal bozulmaya eğilimlidirler. Ayrıca, uygulanıp polimerize edildikten sonra, iki aşamalı self-etch adezivlere göre daha hidrofilik özellik gösterirler. Bu durum 'all in one' sistemleri su emmeye daha yatkın hale getirir, resin infiltrasyonunu sınırlar ve sonuçta bağlantıda sorunlar oluşur (Abo ve ark. 2004, Alex 2008, Dunn 2003, Mozner ve ark. 2005, Nishiyama ve ark. 2006, Tay ve Pashley 2003).

1.4.2. Dental Adeziv Sistemlerin Uygulama Yöntemlerine Göre Sınıflandırılması

Dental adeziv sistemler uygulama yöntemlerine göre:

1. Smear Tabakasının Üzerine Uygulanan Adeziv Sistemler
2. Smear Tabakasını Modifiye Eden Adeziv Sistemler
3. Smear Tabakasını Ortadan Kaldıran Adeziv Sistemler
4. Smear Tabakasını Çözen Adeziv Sistemler olarak sınıflandırılmaktadır

(Heymann ve ark. 2012).

1.4.3. Dental Adeziv Sistemlerin Uygulama Aşamasına Göre Sınıflandırılması

Dental adeziv sistemler uygulama aşamasına göre üçe ayrılır:

1. Tek Aşamalı Adeziv Sistemler
2. İki Aşamalı Adezivler Sistemler
3. Üç Aşamalı Adezivler Sistemler (Van Meerbeek ve ark. 2001).

1.4.4. Dentin Adeziv Sistemlerin Klinik Uygulamalara Göre Sınıflandırılması

Dental adeziv sistemler klinik uygulamalara göre üçe ayrılır:

1. Total- etch (Etch and Rinse) Adeziv Sistemler
 - Üç Aşamalı (4. Jenerasyon)
 - İki Aşamalı (5. Jenerasyon)
2. Self- etch Adeziv Sistemler
 - İki Aşamalı (6. Jenerasyon)
 - Tek Aşamalı (7. Jenerasyon)
3. Cam iyonomer Adezivler Sistemler (Van Meerbeek ve ark. 2001)

1.4.4.1. Total- etch (Etch and Rinse) Adeziv Sistemler

Üç aşamalı adeziv sistemler (asit, primer ve bağlayıcı ajan uygulaması) ve iki aşamalı adeziv sistemler (primer ve bağlayıcı ajanın tek bir şişede olması) olarak uygulanır. Son on yılda birçok yapısal değişikliğe uğramış olan total pürüzlendirmeli adeziv sistemler, günümüzde çoğunlukla “iki aşamalı” olarak (“pürüzlendirme” aşaması ve “bağlayıcı ajan uygulaması” aşaması) kullanılmaktadır. Pürüzlendirme

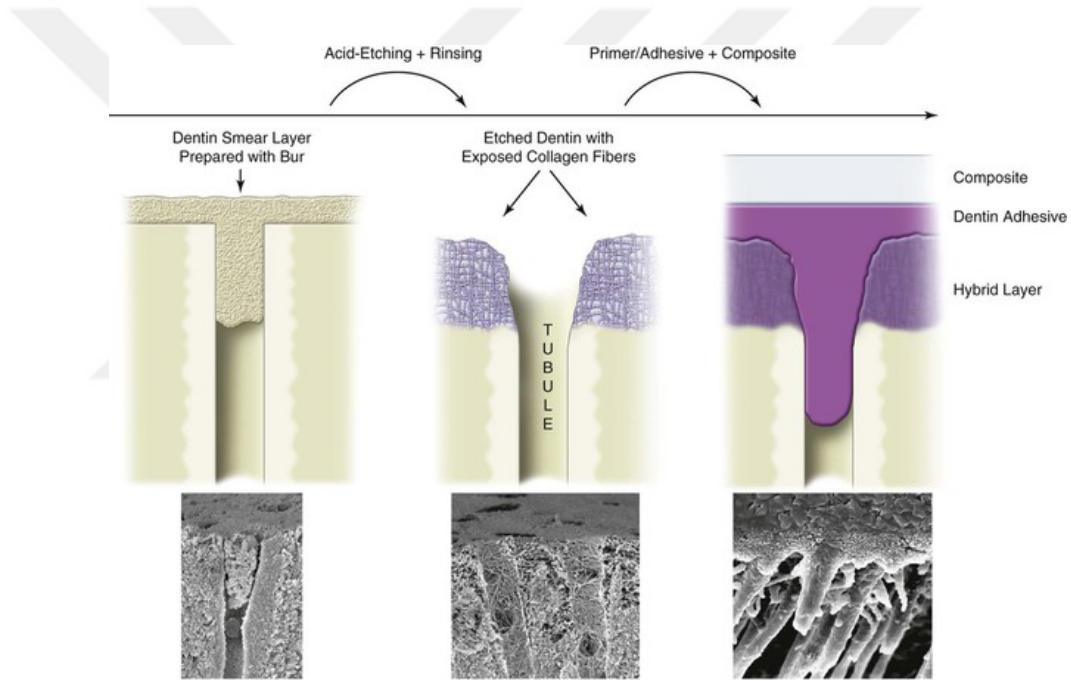
işlemi %34-37 konsantrasyonundaki fosforik asit jeller ile mine ve dentinin aynı uygulamada, fakat farklı sürelerde pürüzlendirilmesi ile gerçekleştirilir. Birinci aşamanın, “pürüzlendirme ve yıkama” aşaması olması nedeniyle son yıllarda total pürüzlendirmeli adeziv sistemler “etch and rinse adezivler” şeklinde de adlandırılmaktadırlar (De Munck ve ark. 2005).

Total-etch sistemlerde mine ve dentine bağlanmanın temel mekanizması, asit uygulaması ile minerallerin uzaklaştırılması sonucu oluşan porözitelere rezin monomerlerin yerleşmesi ile oluşan mikromekanik kilitlenmedir (Kaya 2014, Peumans ve ark. 2005).

Minede yapılan asitleme işlemi ile yüzey alanı ve yüzey enerjisini arttırmak amaçlanmaktadır. Minenin pürüzlendirilmesiyle 5-50 µm derinliğinde poröz bir tabaka oluşturulduğu bilinmektedir. Asitin minede meydana getirdiği mikropöröz alanlara rezin monomerlerinin infiltrasyonu ve polimerizasyonu mikromekanik bağlanma oluşmaktadır. Asitlenmiş yüzeyde iki tip rezin uzantısı gözlenir. Bunlar; mine prizmalarının etrafını saran ‘makrotag’lar ve mine prizmalarının içerisine nüfuz etmiş ‘mikrotag’lardır. Mineye retansiyon sağlamada ikincisinin daha önemli olduğu düşünülmektedir (Altun 2004, Dayangaç 2011, Erickson ve ark. 2009, Perdigao ve ark. 2006, Van Meerbeek ve ark. 2003).

Total pürüzlendirmeli adeziv sistemlerde bağlayıcı ajan uygulamalarından önce dentin yüzeyindeki oluşan smear tabakasının asit jeller yardımıyla uzaklaştırılması 3-10 µm’lik bir derinlikte kollajen ağın açığa çıkmasını da sağlamaktadır. Etch and rinse adeziv sistemlerde, dentin tübüllerini açmak, demineralizasyona bağlı kollajen fibrilleri açığa çıkarmak, sonrasında uygulanan primer ve bonding ajanla hibrit tabaka oluşturulmak için asit uygulamasıyla smear tabakası kaldırılmaktadır (Şekil 1.4.) (Perdigao ve ark. 1996, Perdigão ve Swift 2001, Silveira ve ark. 2006, Van Meerbeek ve ark. 1992, Van Meerbeek ve ark. 1996).

Nakabayashi tarafından ‘hibrit tabaka’, demineralize dentin yüzeyine ve dentin kanallarına monomerlerin yerleşmesi ve sonrasında polimerizasyonu olarak tanımlanmıştır. Hibrit tabaka ile ilgili yapılan birçok çalışma sonucunda kullanılan adeziv sisteme göre elde edilen hibrit tabaka kalınlığının 1-5 mikrometre arasında değiştiği bildirilmiştir. Self-etch adezivlerle 1 mikrometreden daha az kalınlıkta olan hibrit tabaka, etch and rinse adezivlerle 5 mikrometre kalınlığa kadar ulaşmaktadır (Dönmez ve Özer 2007, Nakabayashi 1982, Van Meerbeek ve ark. 1992, Van Meerbeek ve ark. 1996).



Şekil 1.4. Etch and rinse adezivlerin uygulanması sonucu oluşan hibrit tabaka (Perdigão ve Swift 2001)

Üç aşamalı etch and rinse adeziv sistemlerde asit uygulanması ve yıkanmasının ardından hafif nemli bırakılan dentin yüzeyine primer uygulanmaktadır. Minede iyi bir bağlanma sağlanabilmesi için hava ile kurutma işlemi uygulanabilir fakat asit uygulaması sonrası dentinin hava ile kurutulması sırasında kollajen fibrillerin büzülme/çökme riski bulunduğundan klinisyenlerin dikkat etmesi gereken önemli

noktalar vardır. Öncelikle dentinin hafif nemli bırakılması gerekmektedir. Bu teknik "wet bonding" ya da "nemli bağlanma" olarak tanımlanmaktadır. Yüzeyin nemli bırakılması ile kollajen lifler arası boşluklar suyla desteklenir ve liflerin büzülmesi önlenmiş olur. Asit uygulaması sonucu açığa çıkan yüksek protein içeriği, dentinin kritik yüzey gerilim değerinin düşmesine, dolayısıyla dentin yüzeyinin ıslatılamamasına ve bağlanmanın zorlaşmasına sebep olmaktadır. İkinci aşama olarak uygulanan primer demineralize dentin alanının, kritik yüzey gerilim değerini arttırmaktadır. Islak/nemli bağlanma (wet-bonding) terimi, 1990'ların başlarında Kanca tarafından tanımlanan dentine adezyonda önemli gelişmelerden biridir (Kanca 1991, Kanca 1996, Pashley ve ark. 2011, Perdigao ve ark. 2006, Swift ve ark. 2008).

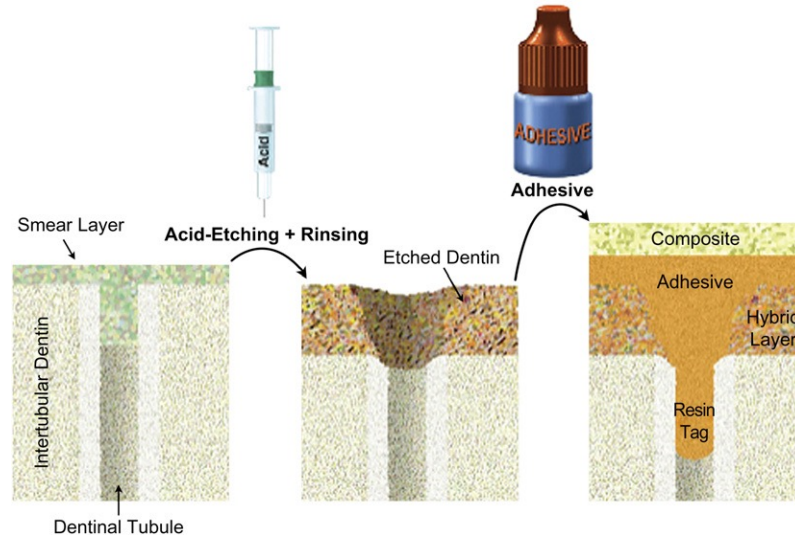
Dentine uygulanan aşırı kurutma işlemi sonucunda kollajen ağ büzülüp çökeceğinden yüzeye uygulanan adeziv rezinin kollajen ağ içine penetrasyonu sınırlanır ve sonuçta ideal bir hibridizasyon sağlanamaz. Ancak, yüzeyde bırakılacak fazla suyun da bağlanmayı olumsuz etkilediği bilinmektedir. Dolayısıyla dentinin ideal nemlilik düzeyinde tutulabilmesi için genellikle hava spreyi yerine pamuk veya sünger peletler ile kavitedeki aşırı su uzaklaştırılmalıdır. Yapılan in vitro çalışmalar, aşırı kurutulmuş dentinin, HEMA gibi sulu çözeltilerle tekrar nemlendirilmesinin dentinin ıslanabilirliğini arttırdığını ve bağlanma kuvvetlerini normal düzeylere ulaştırabildiğini göstermektedir. Bunlar "rewetting ajanlar" olarak geçmektedir (Gwinnet ve ark. 1996, Perdigao ve ark. 1999, Spencer ve Swafford 1999).

Su, aseton, etanol gibi organik çözücü içinde hidrofilik monomer içeren primerler, asitlenmiş dentine uygulandığında kollajen ağındaki su ile yer değiştirerek monomerin infiltrasyonunu kolaylaştırmaktadır. Bu hibrit tabakanın kalitesini artırır. Primer içinde bulunan HEMA, hidrofilik ve hidrofobik olarak iki grup içerir. Hidrofilik grup dentin yüzeyine tutunma eğiliminde iken, hidrofobik grup rezine tutunma eğilimindedir (Pashley ve ark. 2011, Van Meerbeek ve ark. 2003).

Üç aşamalı total-etch sistemlerde, primer uygulamasını takiben bonding ajan olarak tanımlanan adeziv rezin uygulanmaktadır. Bonding ajanlar Bis-GMA (bisphenylglycidyl dimethacrylate), TEG-DMA (triethylene glycol dimethacrylate), UDMA (urethane dimethacrylate) gibi düşük visköziteli hidrofobik monomerlerden oluşmaktadır (Dayangaç 2011, Tay ve ark. 2007).

Üç aşamalı total-etch sistemler, polimerize olmuş rezinin düşük hidrofilitesi nedeniyle hidrolitik yıkıma karşı daha dirençlidir. Mine ve dentine bağlanma kuvvetleri yüksektir. Üç aşamalı etch and rinse sistemler restorasyonun dayanıklılığı, mikrosızıntının daha az olması, bağlanmanın uzun ömürlülüğü açısından başarılı sonuçlara sahip olmaları nedeniyle günümüzde halen altın standart olarak kabul edilmektedirler (De Munck ve ark. 2003, De Munck ve ark. 2005, Kaya 2014).

İki aşamalı etch and rinse sistemlerde ilk basamağı, üç aşamalı etch and rinse sistemlerde olduğu gibi asitleme ve yıkama uygulaması oluşturur. İki aşamalı total-etch sistemlerde, birinci aşamayı takiben ikinci aşama olarak hidrofilik ve hidrofobik rezinlerin karışımı olan ve etanol, aseton, su gibi çözücülerden birini içeren kombine tek şişe bağlayıcı ajanlar uygulanır. Primer ve adeziv rezin tek bir şişede birleştirildiği için bu sisteme ‘one bottle’ adezivler denilmektedir (Şekil 1.5) (Perdigão, 2007, Reis ve ark. 2008, Song ve ark. 2015, Van Meerbeek ve ark. 1996).



Şekil 1.5. İki aşamalı total etch adeziv (one bottle) sistemlerin dentine uygulanması (Perdigão 2007)

1.4.4.2. Self- etch Adeziv Sistemler

“Kendinden pürüzlendiren” olarak da adlandırılan self-etch adezivler, mine ve dentin dokularının aynı zamanda hem pürüzlendirilmesi hem de bu dokulara adeziv ajan uygulanması işlemlerini içerirler. Daha kısa çalışma zamanı, daha az uygulama basamağına sahip olan ve daha az teknik hassasiyet gerektiren bu sistemlerle yapılan restorasyonlarda anlamlı düzeyde daha az post-operatif hassasiyet bildirilmiştir (Perdigao ve Lopes 1999, Perdigao ve ark. 2003, Peumans ve ark. 2005, Peumans ve ark. 2010, Tay ve ark. 2002, Van Dijken ve ark. 2007).

Ayrı bir asitleme basamağı gerektirmeyen self-etch adeziv sistemler, smear tabakasını ve mineralleri içeren bir hibrit tabaka oluşturmak için smear tabakasını ve hidroksiapatitleri kısmen çözerek ve bu bölgelere infiltre olarak bağlanmayı sağlarlar (Van Meerbeek ve ark. 2003).

Self-etch adezivler dentin dokusuyla etkileşim derecelerine göre:

- Kuvvetli SE Adezivler ($Ph \leq 1$)
- Orta Derece Kuvvetli SE Adezivler ($Ph \approx 1,5$)
- Hafif Etkili SE Adezivler ($Ph \geq 2$)
- Zayıf Etkili SE Adezivler ($Ph \geq 2,5$) olarak sınıflandırılmaktadır (Giannini ve ark. 2015).

Kuvvetli self-etch adezivler, derin demineralizasyon alanı sağlayarak etch and rinse sistemlere benzer bağlanma mekanizması gösterirler. Ancak, çözünmüş olan kalsiyum fosfat, etch and rinse sistemlerdeki gibi yıkanarak uzaklaştırılmaz. Hidrolitik ortamda stabil olmayan kalsiyum fosfat kollajenle stabil bir kimyasal etkileşim elde edilmesini engelleyerek, yüzeyler arasındaki bütünlüğü zayıflatır (Inoue ve ark. 2000, Pashley ve Tay 2001, Tay ve Pashley 2001, Van Meerbeek ve ark. 2011).

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki minenin asitlere karşı daha dirençli olması nedeniyle kuvvetli self-etch adezivlerin mineye bağlanması oldukça iyidir. Ancak, demineralizasyon aşamasını başlatmak amacıyla daha yüksek oranda su içermesi sebebiyle dentine bağlanmada sıkıntılar yaşanmaktadır. Su dentin yüzeyinden tamamen uzaklaştırılmadığı için polimerizasyon sırasında açığa çıkan fazla su bağlanmayı olumsuz etkilemektedir (McCabe ve Walls 2008, Wagner ve ark. 2014).

Orta derece kuvvetli self etch adezivlerde, hem mine hem de dentinde yeterli mikromekanik bağlantı elde edilmektedir. Ayrıca demineralize dentinde kollajenler etrafında bulunan hidroksiapatit kristallerindeki kalsiyum iyonu ile adeziv sistemin içerdiği karboksilik asit veya fosforik asit monomerleri arasında kimyasal etkileşim meydana gelmektedir. Mikromekanik bağlanma mekanik kuvvetlere karşı direnç sağlarken, kimyasal bağlanma hidrolitik degradasyonu önleyerek restorasyonun uzun

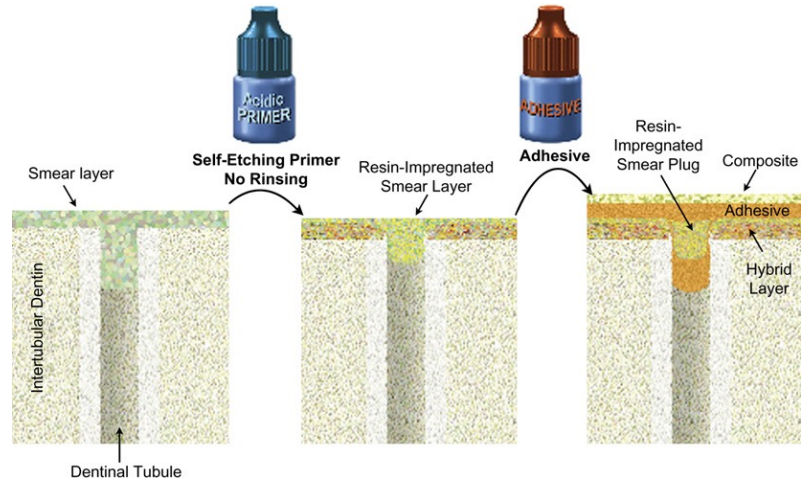
dönemdeki dayanıklılığını arttırmaktadır (Van Meerbeek ve ark. 2003, Yoshida ve ark. 2012).

Hafif etkili self-etch adezivler, dentin yüzeyini kısmen çözmekte ve demineralizasyon derinliği 1 µm kadar olmaktadır. Bu durum hibrit tabaka içerisinde önemli miktarda hidroksiapatit kristalinin kalmasına sebep olmaktadır. Bu hidroksiapatitin, kimyasal bağlanma için reseptör görevi gördüğü belirtilmektedir. Self-etch adeziv sistemlerde yer alan 4-MET (4-metakriloksietil trimellitik asit) gibi karboksilik asit bazlı monomerlerin, fenil-P (2-metakriloksietil fenil hidrojen fosfat) gibi fosfat bazlı monomerlerin ve 10-MDP'nin (10-metakriloksidesil dihidrojen fosfat) hidroksiapatit yapısında bulunan kalsiyuma kimyasal olarak bağlanma potansiyeli olduğu belirtilmiştir. Oluşan bu kimyasal bağlantı hidrolitik yıkıma karşı direnç sağlamaktadır. Ancak hafif self-etch adezivlerin mineye bağlanma gücü zayıftır. (De Munck ve ark. 2005, Van Meerbeek ve ark. 2000, Van Meerbeek ve ark. 2003, Yoshida ve ark. 2004).

SE adezivler uygulama prosedürlerine göre ise:

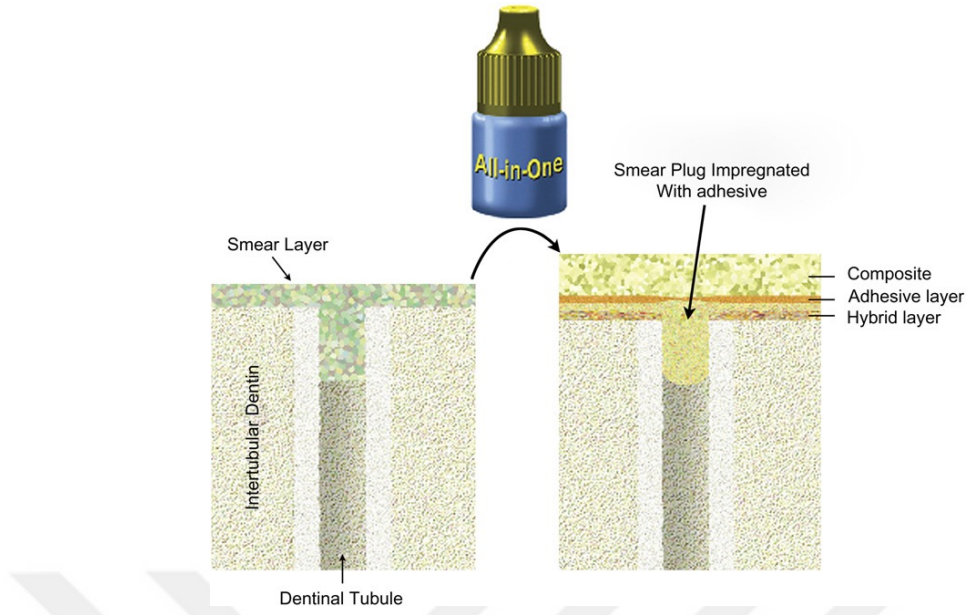
- İki Aşamalı SE Adezivler
- Tek Aşamalı SE Adezivler (All in One):
 - Tek Komponentli SE Adezivler (karıştırma işlemi gerektirmeyen)
 - İki Komponentli SE Adezivler (karıştırma işlemi gerektiren) olarak sınıflandırılmaktadır (Dayangaç 2011, Hanabusa ve ark. 2012).

İki aşamalı (iki şişe halinde bulunan) self-etch adeziv sistemlerde birinci aşamada asidik monomer ilave edilmiş hidrofilik primer solüsyonu, ikinci aşamada ise hidrofobik bonding ajan uygulaması yapılmaktadır. Asidik primer uygulanmış yüzeye bonding ajan uygulandıktan sonra her iki tabaka birlikte ışıqla polimerize edilmektedir (Şekil 1.6) (Giannini ve ark. 2015, Hayakawa ve ark. 2005, Perdigão 2007, Yoshida ve ark. 2012).



Şekil 1.6. İki şişe self-etch adeziv sistemlerin dentine uygulanması (Perdigão 2007)

Tek aşamalı self-etch adeziv sistemler, asidik monomer, primer ve bonding ajanın bir arada bulunduğu tek aşamada uygulanan sistemlerdir. Bu sistemler ‘all in one’ sistemler olarak adlandırılır. Tek aşamalı self-etch adezivler, birleşenleri karıştırılarak kullanılan iki komponentli ya da karıştırma işlemi gerektirmeden, doğrudan kullanılan tek komponentli olabilir (Şekil 1.7) (Chan ve ark. 2003, Hashimoto ve ark. 2008, Perdigão 2007).



Şekil 1.7. Tek aşamalı (all-in-one) self-etch adeziv sistemlerin dentine uygulanması (Perdigão 2007)

Hem iki aşamalı self-etch adezivlerin hem de ‘all in one’ sistemlerin asidik primer’ı, pH’ı fosforik asit jellerinden daha yüksek olan asidik fonksiyonel monomerlerin, genellikle fosforik asit veya karboksilik asit esterlerin sulu karışımlarından oluşur. Su, asidik monomerlerin iyonizasyonuna katıldığından, self-etch adezivlerin önemli bir bileşenidir (Pashley ve Tay 2001, Van Meerbeek ve ark. 1998).

Self-etch adezivlerin mineye bağlanması;

Self etch adezivlerin mineye bağlanma dayanımı etch and rinse sistemlere göre daha düşüktür. Daha yüksek pH’ları nedeniyle fosforik aside göre daha yüzeysel demineralizasyon oluştururlar. Bununla birlikte self-etch uygulamasından önce minenin bizotajlanması ile bağlantı artırılabilir. Ayrıca, self-etch adezivlerden önce minenin fosforik asit ile pürüzlendirilmesi (selektif asitleme) bağlantıyı arttırmaktadır (Kanemura ve ark. 1999, Pashley ve Tay 2001, Perdigao ve Geraldeli 2003, Van Meerbeek ve ark. 2003).

Self-etch adezivlerin dentine bağlanması;

Self-etch adezivler ile erken aşamada yüksek rezin-dentin bağlanma dayanımı değerleri elde edilebilse de, zaman içinde bağlanma etkinliği azalmaktadır. Asidik monomerlerin yüksek hidrofilik doğası ve self-etch adeziv sistemlerin yapısında bulunan asidik monomerlerin iyonlaştırılması için gereken yüksek su konsantrasyonu zamanla rezin-dentin bağlantısını olumsuz etkilemektedir. Smear tabakasını kısmen çözebilmek ve dentini demineralize edebilmek için gerekli olan asiditeyi sağlamak amacıyla yüksek oranda su içeren bu adeziv sistemler polimerizasyondan sonra yarı geçirgen bir membran gibi davranıp dentinden su geçişine izin vererek hidrolitik bozulmaya neden olan su kabarcıklarını oluşturmaktadır. Adeziv rezinin polimerizasyonu sırasında oluşan ısı suyun rezin tabakası boyunca hareketine sebep olmaktadır. Hibrit tabaka-adeziv arasında TEM' de oluşan görüntü su ağaçları (water-tree) olarak adlandırılmakta ve su ağaçlarının zamanla oluşan hidrolitik yıkımın başlangıcı olduğu ve nanosızıntıdan sorumlu olduğu belirtilmektedir (Armstrong ve ark. 2003, Chen ve ark. 2015, Dayangaç 2011, De Munck ve ark. 2005, Frankenberger ve Tay 2005, Lührs ve ark. 2008, Magni ve ark. 2007, Reis ve ark. 2009, Takamizawa ve ark. 2015, Tay ve Pashley 2003).

Başlangıç bağlanma değerleri olarak tek basamaklı self-etch adezivler umut vaad eden performanslar gösterse de, uzun dönemdeki bağlanma değerleri açısından altın standart olarak kabul edilen üç aşamalı etch and rinse adezivlere göre daha alt düzeyde kalmaktadır (Breschi ve ark. 2008, De Munck ve ark. 2003, De Munck ve ark. 2012, Frankenberger ve ark. 2004).

Tek aşamalı self-etch adeziv sistemlerin dezavantajlarını ortadan kaldırmak amacıyla son dönemlerde "Universal" veya "Multimod" olarak adlandırılan ürünler ortaya çıkmıştır. Universal adezivlerde $pH \geq 2$ ' dir. Universal adezivler hem self-etch hem etch and rinse adeziv sistem olarak kullanılabilir. Ayrıca minede (selektif asitleme yapılarak) etch and rinse, dentinde self-etch adeziv sistem olarak da kullanılmaktadır. Universal adezivler kavite preperasyonu sonrasında en uygun adeziv

protokolünün uygulanmasına olanak sağlamaktadır. (Chen ve ark. 2015, Hanabusa ve ark. 2012, Perdigao ve Swift 2015, Wagner ve ark. 2014). Yapılan çalışmalar incelendiğinde, mine ve dentin bağlantısı açısından universal adezivlerin tek aşamalı self-etch adezivlere eşit veya self-etch adezivlerden daha fazla bağlanma etkinliği olduğu görülmüştür. Universal adezivler geniş kullanım alanları sayesinde yaygınlaşsa da, tek aşamalı self-etch adezivlerin olumsuz yanlarının üstesinden tam olarak gelememiştir. Self-etch sistemlerde olduğu gibi universal adezivin de bağlanma prosedürünü basitleştirmek için belirli miktarda su ve çözücü gerekmektedir. Ancak su ve çözücü uygulamadan sonra adeziv tabakada kalmakta ve fonksiyonel monomerin düşük pH'ı adezivde daha az karbonlar arası çift bağ reaksiyonlarına sebep olmaktadır. Bu durumda erken fazda bağlanma etkinliği sınırlanmakta ve bağlanmanın uzun süreli dayanımı azalmaktadır (Miyazaki ve ark. 2014, Suzuki ve ark. 2016, Ursavaş ve ark. 2020, Van Meerbeek ve ark. 2011).

1.4.4.3. Cam iyonomer Adezivler Sistemler

Cam iyonomerler mine ve dentine herhangi bir yüzey uygulaması gerektirmeden kimyasal olarak bağlanan materyallerdir. Bu bağlanma, polialkenoik asitin karboksil grupları ile hidroksiapatit kristallerinin kalsiyum iyonu arasında oluşan iyonik bağlar sayesinde gerçekleşir. Kimyasal bağlanma oldukça stabildir ve hidrolitik çözünmeye karşı dirençlidir (Coutinho ve ark. 2006, Yoshida ve ark. 2001).

Cam iyonomerlerin dış yüzeyine bağlanmasını arttırmak amacıyla yüzeylere polialkenoik asit uygulanması ile demineralizasyon sağlanabilir. Hidroksiapatit kristallerindeki selektif çözünme ile 0,5 µm derinlikte bir kollajen ağı açığa çıkartılmaktadır. Cam iyonomer bileşenlerinin oluşan boşluklara infiltre olmasıyla mikromekanik bağlanma da elde edilir. Bu şekilde cam iyonomer simanlar dış dokusuna self-etch adeziv sistemlerdeki yaklaşım gibi tutunmaktadır. Ancak cam iyonomer simanların içeriğinde bulunan polikarboksilik monomerlerin yüksek moleküler ağırlıkları infiltrasyon kapasitesini düşürmektedir. Bu nedenle hibrit tabaka

oluşumu yüzeyel olarak gözlenmektedir. (Inoue ve ark. 2001, Nakabayashi ve Pasley 1998, Van Meerbeek ve ark. 2001, Yoshida ve ark. 2000).

1.5. Dental Mikrosızıntı

‘Mikrosızıntı’, kavite duvarları ile kaviteye uygulanan restorasyon materyali arasında oluşan boşluktan bakterilerin, ağız sıvılarının, moleküllerin ve iyonların geçişi olarak tanımlanmaktadır (Taylor ve Lynch 1992). Mikrosızıntı sonucunda restorasyon marjinlerinde renkleşme, post-operatif hassasiyet, sekonder çürük, dişeti iltihabı ve pulpa irritasyonu gibi istenmeyen durumlar meydana gelecektir. Pulpa irritasyonuna restoratif materyallerin kimyasal toksisitesinden daha çok bakterilerin neden olduğu belirtilmektedir. Bu sebeple mikrosızıntı restorasyon başarısında ve devamlılığında çok önemli bir parametredir. Özellikle rezin içerikli restoratif materyallerde gözlenen polimerizasyon büzülmesi restorasyonun diştten ayrılmasına sebep olur ve sonuçta, mikro boşluklar oluşur. Bu süreç, sırayla, bakteri girişine izin verir, tekrarlayan çürük, hassasiyet, olası pulpal inflamasyon ve son olarak restorasyonun ayrılması ve nihai sonuç olarak restorasyonun yenilenmesi olarak gerçekleşir (Bergenholtz 1991, Déjou ve ark. 1996, Gwinnett ve ark. 1995, Ilie ve Hickel 2011, Karaman ve Ozgun 2014, Schneider ve ark. 2010).

Mikrosızıntı;

- Polimerizasyon büzülmesine,
- Restorasyon maddesi ile diş dokuları arasındaki termal genleşme katsayısı farklılığına,
- Dolgunun okluzal kuvvetler ile elastik deformasyona uğramasına,
- Restorasyonun olduğu bölgeye (servikal, arayüz veya okluzal bölge olması) bağlı olarak değişen oranlarda gerçekleşmektedir (Khoroushi ve Ehteshami 2016).

Servikal bölgeye yapılan restorasyonlarda mikrosızıntı daha fazla görülmektedir. Buna sebep olarak, servikal bölgedeki mine kalınlığının yetersiz olması, bu bölgedeki mine prizmalarının sayısı ve doğrultularının farklı olması, histomorfolojik yapı farklılıkları, devamlı bir cep sıvısı akışının olması veya değişik sebeplerle gelişen nem kontaminasyonu gösterilmektedir (Tarim ve ark. 1998).

Genel olarak, Sınıf-II kompozit rezinler üzerinde yapılan çalışmalar, gingivalde okluzal bölgeye göre önemli ölçüde daha yüksek mikrosızıntı değerleri bildirmiştir. Proksimal kutuya iyi bir erişim sağlamak ve dişeti kenarındaki nemi kontrol etmek, Sınıf II rezin restorasyonların başarısını etkileyen önemli faktörlerdir. Ayrıca, mine, dentin ve sement arasındaki yapısal farklılıklar nedeniyle, sement/dentin’de bulunan dişeti kenarlarında yüksek oranda marjinal sızıntı meydana gelmektedir. Bu iki yapı, rezin kompozitlerinin yapışması için aynı koşulları sunmadığından, semento-dentinal kenarlardaki mikrosızıntı, Sınıf-II kompozit restorasyonlarda başarısızlığın en önemli nedenlerinden biri haline gelmektedir (Araujo ve ark. 2006, Casagrande ve ark. 2005, Kasraei ve ark. 2011, Leevailoj ve ark. 2001, Tredwin ve ark. 2005).

Mikrosızıntı oluşum sürecini etkileyen diğer faktörler:

- Kullanılan dolgu malzemesinin içeriği (dolgu partiküllerinin boyutu/şekli ve rezin içeriği),
- Karakteristik fiziksel değişiklikler (hacimsel ve postpolimerizasyon büzülme, termal genleşme, su Emilimi),
- Polimerizasyon yöntemleri (ışık şiddeti ve ışığın yönü),
- Kavite hazırlama parametreleri (kavite boyutu),
- Konfigürasyon faktörü (C faktör) olarak gösterilebilir.

Klinik değişkenler arasında:

- Malzeme manipülasyonu ve yerleştirme teknikleri,
- İzolasyon kısıtlamaları (lastik örtü kullanımı),

- Adeziv sistemin ve rezin içerikli restoratif ajanın uygulama tekniği hakkında yeterli bilgi sahibi olunmaması gösterilebilir (Ilie ve Hickel 2011, Klautau ve ark. 2011).

1.6. Mikrosızıntı Tespit Yöntemleri

Mikrosızıntı değerlendirilmesinde in vitro yöntemler in vivo yöntemlere oranla daha fazla tercih edilmektedir. Herhangi bir yeni dental restoratif materyalin kalitesi ilk olarak in vitro modeller kullanılarak test edilebilir. Teorik olarak, bu bulgular klinik ortama aktarılabilir (Jacker-Guhr ve ark. 2016, Mohapatra ve Sivakumar 2011).

Mikrosızıntıyı değerlendirmek için farklı teknikler geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Bunlar boyar madde penetrasyonu, radyoaktif izotoplar, hava basıncı, bakteriyel aktivite, nötron aktivasyon analizi, konfokal lazer tarama mikroskopisi, taramalı elektron mikroskopu ve mikro-BT'dir. Daha eski yöntemlerin bazıları artık mikrosızıntının gerçek doğasını temsil etmediği için kullanılmamaktadır (Ayyıldız ve ark. 2009, Bonilla ve ark. 2012, Öztürk ve ark. 2016).

Aşağıda her değerlendirme yöntemi hakkında bilgi verilecektir:

Boya Penetrasyon Yöntemi: Mikrosızıntının renkli ajanlar kullanılarak boyanması en yaygın kullanılan tekniktir. Boya penetrasyon yöntemi, mikrosızıntı bölgelerini renklendirmek için bir daldırma çözeltisi olarak kontrast boyaların kullanılmasını içerir ve daha sonra diş restorasyon arayüzü renklenme ajanının penetrasyonu açısından incelenir. En yaygın olarak kullanılan çözeltiler %0.5 bazik fuksin, %2 metilen mavisi ve %50 gümüş nitrattır (Yavuz ve ark. 2013).

Boya penetrasyon yönteminde dişler restore edildikten sonra, diş yüzeyinde restorasyon dışında kalan alanlar bir vernik veya cila ile kaplanır. Restore edilmiş diş seçilen boya çözeltisine daldırılır, ardından bir stereomikroskop altında koronal ve servikal kenarlardaki sızıntıyı görsel olarak değerlendirmek için kesitler alınır (Erdilek ve ark. 2009, Heintze 2007, Zhao ve ark. 2014).

Boya penetrasyon yönteminin diğer tekniklere göre birçok avantajı vardır. İlk olarak, radyasyon olmamasının yanısıra, reaktif kimyasallar kullanılmaz. İkincisi, farklı boya çözeltileri mevcuttur; bu nedenle teknik oldukça uygulanabilir ve kolay ulaşılabilir, hızlı ve direkt ölçüm yapılabilmesini sağlayabilir özelliktedir. Bununla birlikte, bu yöntemin birtakım eksikliklere sahip olduğu bilinmektedir. Bunların arasında en önemlisi, elde edilen sonuçların iki boyutlu (2D) olmasıdır. Ayrıca, diş restorasyon arayüzünü göz önünde bulundurmada sadece birkaç kesit alınarak sızıntının ölçülmesi de bir dezavantajdır. Aynı zamanda, bazı çalışmalar restorasyonun farklı yerlerinden alınan farklı bölümlerdeki boya sızıntısının önemli ölçüde değiştiğini göstermiştir. (Orłowski ve ark. 2015, Subramaniam ve Pandey 2016, Yavuz ve Atakul 2001).

Boya penetrasyon yöntemi, mikrosızıntının gerçek boyutunu belirlemek için etkin bir değerlendirme aracı gerektirir. Bu amaçla ışık mikroskobu, taramalı elektron mikroskopisi ve transmisyon elektron mikroskopisi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, sızıntıyı daha iyi değerlendirmek için son yöntemler arasında mikro bilgisayarlı tomografi (Mikro-BT), konfokal lazer tarama mikroskopisi (CLSM) ve optik koherens tomografi (OCT) gibi 3D yöntemler yer alır (AlHabdan 2017, Öztürk ve ark. 2016).

Mikro-BT: Mikro-BT, diş yapılarının orijinal özelliğini bozmadan 3 boyutlu görüntülenmesini sağlayan tıbbi bilgisayarlı tomografinin değiştirilmiş bir versiyonudur. Mikro-BT'de, x-ışınları dönen numuneden, dilim dilim geçirilir ve bir detektör tarafından toplanır (Şekil 1.8) (Sun ve Lin-Gibson 2008). Bu işlem

numunenin uzunluğu boyunca tekrarlanır ve özel algoritmaların kullanılmasıyla numunenin 3D rekonstrüksiyonu mümkün olabilir. Son zamanlarda yapılan bazı çalışmalarda; kompozit rezinlerdeki polimerizasyon büzölmesinin, arayüz sızıntısının ve dentin-adeziv-arayüz yapılarının değeriendirilmesi için 3D rekonstrüksiyonlar kullanılmıştır (Aydın ve ark. 2020, De Santis ve ark. 2005, Kakaboura ve ark. 2007).

Klinik BT tarayıcıları tipik olarak 1 mm³ hacim elementlerinden (voksel) oluşan görüntüler üretirken; 1980'lerin başında geliştirilen X-ray mikro bilgisayarlı tomografi (Mikro-BT) sistemleri 5-50 µm aralığında, BT voksellerinden yaklaşık olarak 1,000,000 kez daha küçük hacimde vokseller sağlar ve daha iyi uzaysal çözünürlüğe sahiptir (Feldkamp ve ark. 1989, Kuhn ve ark. 1990, Swain ve Xue 2009).

Mikro-BT, dönme eksenini boyunca çekilen bir dizi 2D görüntüden başlar ve daha sonra örneğin 3D görüntüsünü üreten bir bilgisayar programına aktarılır. Bu 3D rekonstrüksiyonlar birkaç mikron çözünürlüğe sahiptir. Mikro-BT'nin önemli özelliklerinden biri, 3D rekonstrüksiyonun örneğin iç geometrik özellikleri ve yapısal parametreleri hakkında doğru bilgi edinmek için herhangi bir yönde bölümlendirilebilmesidir (AlHabdan 2017, De Santis ve ark. 2000).

Mikro-BT kullanılarak diş ve kemik gibi mineralize dokular, polimerler, biyomateryal doku iskeleleri gibi materyaller direkt incelenebilmektedir. Mikro-BT görüntüleme yumuşak dokulara da uygulanabilmektedir (Swain ve Xue 2009).

Kompozit rezin, kompomer gibi restorasyonlar ile kavite duvarı arasındaki sızıntının mikro-BT ile değeriendirilebilmesi için genellikle radyoopak bir boyaya ihtiyaç duyulmaktadır (Eden ve ark. 2008, Chen ve ark. 2010, Aydın ve ark. 2020). Bu amaçla radyoaktif olmayan, renksiz, iki komponentli kimyasal boyayıcılar kullanılmaktadır. Her iki komponentin kimyasal olarak reaksiyona girmeleri sonucu diş-restorasyon arayüzüne çökmesi ve çökeltinin ışınlanması ile kenar sızıntısı

görüntülenebilmektedir. Ayrıca, kullanılan her iki kimyasal ajanın da penetrasyon yeteneğine sahip olması gerekmektedir. Bu amaçla; sızıntının tespit edilmesinde %50'lik gümüş nitrat tuzları sıklıkla kullanılmaktadır (Aydın ve ark. 2020; Jacker-Guhr ve ark. 2016).

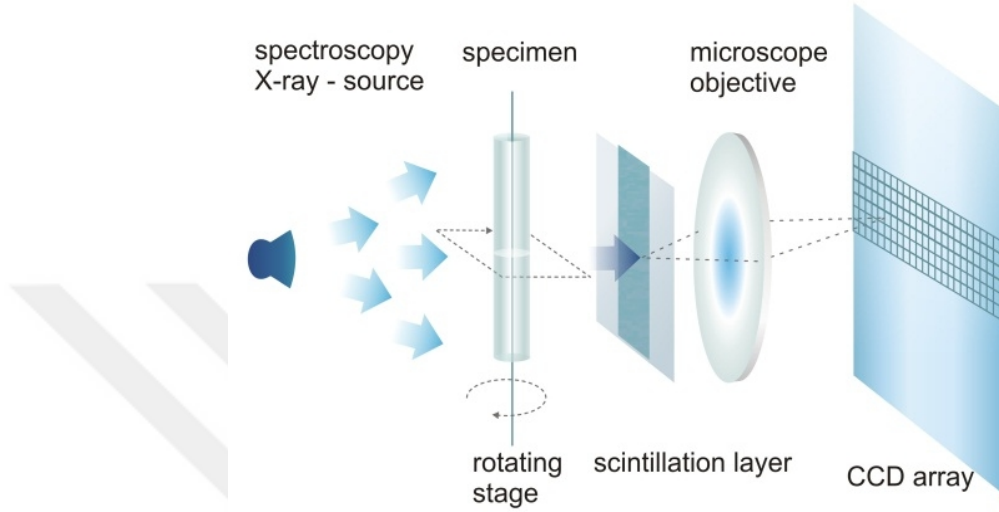
Gümüş nitrat solüsyonunun penetrasyonu dikkate alındığında, gümüş iyonlarının çapının (0,059 nm) bakterilerin ortalama büyüklüğüne göre (0,5-1,0 µm) oldukça küçük olması sebebiyle arayüz bölgesine kolayca nüfuz ettiğinden kullanımı yaygınlaşmaktadır (Fernando ve Montes 2004).

Diğer boyalar (fuksin veya metilen mavisi gibi) numunelerin kesilmesi sırasında yıkanma eğiliminde olduğundan, mikrosızıntının değerlendirildiği laboratuvar çalışmalarında gümüş nitrat kullanımı önerilmiştir (Hilton 1998). Araştırmalar iyonik gümüşün etkinliğinin çözeltinin konsantrasyonuyla orantılı olduğunu göstermiştir. %5'lik bir konsantrasyonda bile, solüsyonlar kompozit restorasyonların marjinal sızdırmazlığının kaybını gösterebilmiştir (Costa ve ark. 2011).

Gümüş nitrat boyasının radyoopasitesinin mine ile benzer olması, boyanın penetrasyon derecesini ayırt etmede zorluk yaşanmasına ve numunelerdeki restorasyonların arayüzünde küçük sızıntı alanlarının belirlenmesinde zorluklara neden olduğu bildirilmiştir. Bu durum göz önüne alındığında mikro-BT'nin dentindeki marjinal sızıntıyı saptamada daha güvenilir olduğuna işaret edilmiştir. Çalışmalar bu durumu dentinin mineye kıyasla daha az hidroksiapatit içermesi, bu nedenle hem mineden hem de gümüşten daha az radyopak olmasıyla açıklamışlardır (Zhao ve ark. 2014).

De Santis ve ark. (2005) da mikrosızıntının çalışmalarında Mikro-BT'yi kullanmışlardır. Araştırmacılar, bu teknik ayrıca mekanik olarak dentin stresini ve adeziv-kompozit arayüzleri değerlendirmek ve aynı zamanda restorasyon dış arayüzündeki marjinal sızıntıyı tespit etmek için kullandıklarını belirtmişlerdir.

Mikro-BT'nin ana avantajlarından biri, 2D kesit bilgilerinin korunmasıdır; bu nedenle, tüm sınırlar görsel inceleme için kullanılabilir (Carrera ve ark. 2015, Swain ve Xue 2009).



Şekil 1.8. Mikro-BT cihazının çalışma prensibi (Sun ve Lin-Gibson, 2008)

Konfokal lazer tarama mikroskopisi (CLSM): Konfokal lazer tarama mikroskopisi (CLSM), floresan boyalar (Ör/Rhodamin) kullanılarak işaretleme yapan elektron mikroskop tekniği olarak bilinmektedir. Tarama elektron mikroskobundan farklı olarak konfokal lazer tarama elektron mikroskobu ıslak yapıdaki örneklerin de incelenebilmesini mümkün kılmaktadır. Bu yöntem, 100 μm 'ye kadar olan yüzeyaltı yapıların örneklerini hasar oluşturmada tespit etmek için kullanılır. Mikroskobun objektif lensi ile incelenecek yüzey arasında özel bir daldırma (immersion) likiti kullanılır. CLSM, yansıma (reflection) ve floresan (fluorescence) olarak iki ayrı modda inceleme yapar. Tarayıcı lazer ışını (488 nm dalga boyunda Ar-ion lazer) örneğin yüzey ve yüzey altı mikro bölgelerini aydınlatır. Mikroskobik yapılara odaklanan ışığın tekrar yansımasıyla elektronik olarak saptanan yansıma (reflection) modunda, bir örneğin farklı yapılarının (mine, dentin ve restoratif materyal gibi) sahip oldukları spesifik optik özelliklere göre ayrımının yapılabilmesini sağlamaktadır. Floresan modunda ise boyayıcı ajanın dağılımı kaydedilerek penetrasyon yollarının

incelenmesine olanak tanınmaktadır (Jardine ve ark. 2016, Pioch ve ark. 1997, Pioch ve ark. 2001, Watson 1994).

Tangsgoolwatana ve ark. (1997) sırasıyla CLSM ve otoradyografi kullanılarak floresan boyalar ve Ca^{45} radyoizotop ile muamele edilmiş amalgam restorasyonlarındaki mikrosızıntı derecesini ve modelini karşılaştırmıştır. Araştırmacılar, floresan ve radyoizotop çalışmalarının sonuçları arasında yüksek bir korelasyon olduğunu bildirmiş ve bu da iki mikrosızıntı yönteminin doğrudan karşılaştırılabileceğini göstermiştir (AlHabdan 2017).

Optik koherens tomografi (OCT): Optik koherens tomografi (OCT), diş sert ve yumuşak dokularının in vivo kalitatif ve kantitatif değerlendirmesi için 3D görüntüler üretir. Bu yöntem, klinisyenlerin diş çürüklerinin erken dönemlerini, periodontal problemleri ve ağız kanserlerini doğru ve hızlı bir şekilde tespit etmelerini sağlar. Araştırmacılar diş restorasyon sınırlarını intraoral olarak değerlendirmek için OCT kullanmışlardır. Ayrıca, OCT, ultrasonik nabız eko yöntemine benzer şekilde, iç mikro yapılardan gelen kızılötesi ışık dalgalarının yansımalarını tespit ederek kompozit rezin gibi restorasyonların içindeki kabarcık ve boşlukları ölçmek için kullanılabilir. OCT'nin kompozit restorasyonların kenarlarındaki mine çatlaklarını noninvaziv olarak tespit edebileceği de bildirilmiştir. Bakhsh ve ark. (2011) OCT ve CLSM kullanarak diş restorasyon arayüzünü değerlendirmiş ve OCT'nin mikron ölçeğinde arayüzey boşluklarını ölçmek için kullanılabileceğini bildirmişlerdir (AlHabdan 2017, Dao Luong ve ark. 2016, Kim ve ark. 2017, MercuT ve ark. 2017, Shimada ve ark. 2015, Tabata ve ark. 2017, Türk ve ark. 2016).

Radyoizotopların kullanılması: Mikrosızıntı çalışmalarında Ca^{45} , I^{131} , S^{35} , Na^{22} , P^{32} , Rb^{86} ve C^{14} gibi geniş radyoaktif izotoplar kullanılmıştır. Genel olarak otoradyografi, restorasyon marjininin arayüzünden alınan kesitin sızıntısını tespit etmek için kullanılır (Hembree 1989, Going ve ark. 1960).

İzotoplar, 40 nm'ye eşit veya daha büyük boşluklara nüfuz edebilir, bu da saptanabilir bakteri bazlı çalışmaların minimum aralığından daha yüksektir. Ayrıca izotopların mikrosızıntı göstermede boya penetrasyon testlerinden daha iyi olduğu görülmektedir. Öte yandan, bu teknik radyasyon kullanımını gerektirir ve elde edilen otoradyografide üç boyutlu (3D) bir görüntü olarak mikrosızıntıyı temsil etmez (AlHabdan 2017, Markezan ve ark. 2009).

Kimyasal Ajanların kullanılması: Bu yöntemde radyoaktif olmayan, penetrasyon özelliği olan iki renksiz bileşen kullanılarak, bunların reaksiyona girmeleriyle opak bir görüntü elde edilmektedir. Bir bakteriye göre daha penetratif ve çok küçük olan gümüş iyonunun sızıntısını önleyen teknik bakteri sızıntısını da önler. Leinfelder ve ark. (1986), çözünebilir özellikte olan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'i, pH'ı değiştirebilme özelliğinden yararlanarak sızıntı çalışmalarında işaretleyici olarak kullanmışlardır (Powis ve ark. 1988, Taylor ve Lynch 1992).

Elektrokimyasal Analiz: Bu yöntem, eksternal bir güç kaynağıyla ilişkili, elektrolit içine batırılmış iki metal arasında oluşacak elektrik akımının ölçülmesi prensibine dayanmaktadır. Bu yöntemde, bir dişin köküne restorasyonun tabanı ile temas edecek şekilde bir elektrod yerleştirilir. Diş, elektrik sızıntısını engelleyecek şekilde izole edildikten sonra elektrolit solusyonuna daldırılır ve elektrik akımı uygulanır. Elektrolitik ortam olarak salin solüsyonu kullanılır. Akım uygulandıktan sonra elektrokimyasal örnek içinden geçen alternatif akımdaki değişiklikler ölçülerek aradaki boşluk hakkında bilgi elde edilir (Delivanis ve Chapman 1982, Pradelle-Plasse ve ark. 2004).

Bakteriyel Mikrosızıntı Yöntemi: Daha çok in-vitro çalışmalarda tercih edilen, restorasyonların kenarından sızan bakteri toksinleri ve diğer bakteri ürünlerinin incelenmesi esasına dayanan bir yöntemdir. Genelde belli bir bakteri cinsi ve besi yeri kullanılan bu yöntemde dişler gram pozitif ve gram negatif bakterileri içeren kültür

ortamına konulur ve inkübasyon süresinin sonunda besi yerinde bulunan isaretleyici solüsyondaki renk değişikliğine göre sızıntı miktarı tespit edilir. Kavite duvarlarıyla restorasyon materyali arasındaki açıklığın 0.5-1 µm'den daha küçük olduğu durumlarda bakteri toksinlerinin ve diğer bakteri ürünlerinin geçmesi mümkün olmaz. Bu durum yöntemin en önemli dezavantajıdır. Ayrıca elde edilen sonuçlar kalitatiftir (Ayyıldız ve Yüzügüllü 2009, Demirel ve ark. 2018, Karadağ 2005, Zivkovic ve Pavlica 2001).

SEM Analizi (Taramalı Elektron Mikroskop Analiz Yöntemi): Boyama yönteminde kullanılan boyalardan herhangi birisiyle mikrosızıntı belirlenir. Daha sonra örnekler SEM mikroskobunda analiz edilir ve restorasyon materyaliyle kavite duvarları arasındaki kenar uyumu incelenir. Diğer sızıntı çalışmalarıyla beraber mevcut verilerin doğrulanması amacıyla kullanılabilir. Yöntemin en önemli dezavantajı; örneklerden kesit alınması esnasında oluşabilecek hasarların ölçüm sırasında yanılgıya yol açabilmesidir (Ciucchi ve Hola 1990, Taylor ve Lynch 1992).

Nötron Aktivasyon Analizi: Bu teknik; mikrosızıntının in vitro ve in vivo ölçülebilmesine olanak sağlar. İn vivo olarak restorasyonun kenarına Manganez (Mn) gibi bir kimyasal isaretleyici yerleştirilip, daha sonra çekilen dışın nükleer reaktörde 'Mn²⁵' ile bombardımana uğratarak kenar sızıntısının belirlenmesi yöntemidir. Bu yöntem kantitatif sonuçlar vermesine rağmen mikrosızıntının lokasyonu hakkında bilgi vermez, pahalıdır ve ayrıca radyasyon tehlikesi sebebiyle mikrosızıntı çalışmalarında sık kullanılmaz (Alani ve Toh 1997, Douglas ve ark. 1980).

1.7. Mikrosızıntıyı Önlemek için Yapılacak Klinik Uygulamalar

Restorasyonların devamlılığını etkileyen, renklenmelere yol açan, post operatif duyarlılık, sekonder çürük, pulpal inflamasyon oluşumlarına neden olan

mikrosızıntının önlenmesi için literatürde çok sayıda araştırma, test yöntemi ve bunların güvenilirlikleri ve geçerlilikleri ile ilgili birçok veri bulunmaktadır.

İdeal bir restorasyon materyali kavite duvarlarına iyice adapte olabilmeli ve iyi bir yalıtım sağlamalıdır. Dolgu materyalinin doğru adaptasyonu ile çürük ve periodontal hastalıkların gelişimi önlenecek, ayrıca ağız sıvılarının dentine doğru sızması sonucu bakteri ve toksinlerinin dentin kanalları yoluyla pulpada enflamasyonlara neden olması engellenebilecek ve böylece restorasyonun ömrü uzatılabilecektir (Déjou ve ark. 1996, Going 1972, Kidd 1976).

1.7.1. Polimerizasyon Büzülmesini Önleyecek Uygulamalar

Rezin esaslı restorasyonlarda meydana gelen büzülmeyi etkileyen faktörler önem sırasına göre şöyle sıralanabilir (Unterbrink ve Liebenberg 1999):

1. Kavite Geometrisi:

Konfigürasyon faktörü (C-faktör): Konfigürasyon faktörü (C faktör) restorasyonun bağlandığı yüzeylerin serbest yüzeylere oranı olarak tanımlanmaktadır. Oranın "1/1" olması en dengeli bağlanma olarak kabul edilir. Bağlanan yüzey oranı arttıkça; rezin diş dokusuna daha iyi bağlanır fakat kompozit yapıda aşırı stres gelişir. Bağlanmayan yüzey arttıkça; büzülme kuvvetlerinin negatif etkisi büyüyeceğinden adeziv hatalar, kopmalar ve aralanmalar oluşur. C-faktörü ne kadar yüksek olursa, büzülme streslerinin telafisinin o kadar zor olacağı bildirilmiştir (Feilzer ve ark. 1989, Versluis ve ark. 1996).

C faktörün en yüksek olduğu kaviteler sınıf I ve sınıf V kavitelerdir. Sınıf II, III ve IV kavitelerde bağlanan yüzey/bağlanmayan yüzey oranı daha düşük olduğu için C

faktörleri daha düşüktür ve büzülme riski daha azdır (dos Santos ve ark. 2007, Ghulman 2011).

Kavite boyutu: Kompozit rezin hacmi ne kadar az olursa büzülme o kadar az olur. Kompozit materyali altında kaide materyali kullanılarak miktarı azaltılabilir ve buna bağlı olarak büzülme azaltılabilir (Dayangaç 2011, Erdemir ve Yaman 2011, Unterbrink ve Liebenberg 1999, Watts ve Marouf 2000).

2. Uygulama Tekniği:

Tabakalar halinde (incremental) yerleştirme: Kompozit materyalinin küçük parçalar halinde yerleştirilmesi ile büzülmenin miktarı azaltılabilir. Böylece her bir parça ayrı ayrı polimerize olmakta ve her bir parçanın büzülmesi sonraki parça tarafından kompanze edilerek büzülme önemli ölçüde azaltılabilmektedir (Dayangaç 2011, Erdemir ve Yaman 2011, Jedrychowski ve ark. 2001, Versluis ve ark. 1996).

Incremental tekniğin uygulanma yöntemleri:

Horizontal tabakalama tekniği: Okluzogingival yönde inkremental olarak her biri <2.0 mm kalınlığında kompozit rezin tabakalarının yerleştirilmesi yöntemidir. Ancak, bu yöntem C-faktörünü ve karşıt kavite duvarları arasındaki büzülme gerilmelerini arttırmaktadır (Lutz ve ark. 1991, Spreafico ve Gagliani 2000, Tjan ve ark. 1992).

Oblik inkremental teknik: Bir dizi kama şeklindeki kompozit tabakalarının yerleştirilmesiyle gerçekleştirilir. Her bir tabaka, polimerizasyon vektörlerini bağlanan yüzeye doğru yönlendirmek için önce boşluk duvarlarından sonra okluzal yüzeyden olmak üzere iki kez polimerize edilir. Bu teknik C faktörünü azaltır ve kavite

duvarlarının bozulmasını önler. (Giachetti ve ark. 2006, Lutz ve ark. 1991, Spreafico ve Gagliani 2000, Tjan ve ark. 1992).

Vertikal inkremental teknik: Bir duvardan başlayarak (yani bukkal veya lingualden) başka bir duvara taşınan küçük katmanların dikey olarak yerleştirilmesidir. Polimerizasyon yerleştirilen duvarın arkasından başlatılır (Örn/Eğer lingual duvara bukkale doğru bir katman yerleştirilirse, lingual duvarın dışından polimerize edilir). Bu, polimerizasyon büzülmesi dolayısıyla oluşan gingival duvardaki boşluğu azaltarak, postoperatif hassasiyet ve sekonder çürük oluşumunu azaltır (Chandrasekhar ve ark 2017).

Centripetal inkremental teknik: Bu teknik sağlam temas alanları ve anatomik proksimal konturların sağlanamadığı durumlarda avantaj oluşturmaktadır. Bu teknikte aproksimal bölgeye yerleştirilen metal matriks bantları ve kamalar kullanılır. İnce bir kompozit tabakası aproksimal yüzeye yerleştirilen metal matrikse yaslanacak şekilde ve okluzal-servikal yüksekliğin yarısını geçmeyecek şekilde uygulanır. Bu tabaka polimerize edildikten sonra ikinci tabaka yerleştirilir. İki aşamalı yerleştirme ile servikal boşluk oluşumu engellenmektedir. Bunun sonucunda, aproksimal kavite, sınıf I kavite haline gelir ve bu şekilde restore edilir (Chandrasekhar ve ark 2017, Coli ve Brännström 1993, Ericson ve Dérand 1991, Von Beetzen ve ark. 1993).

Ardışık cusp oluşturma tekniği: Kavitenin her köşesine sırayla küçük eğimli katmanlar uygulanır ve materyalin içine boşlukların katlanmasını önlemek için manipülasyon minimumda tutulur. Bu yöntem, başlangıçta zaman alıcı olsada, doğal morfolojinin aşamalı olarak yeniden yapılandırılmasına özen göstererek bitirme süresini büyük ölçüde azaltabilir (Mackenzie ve ark. 2009).

Işığın pozisyonu ve ışık şiddeti: Işık kaynağının pozisyonu, ışığın şiddetini etkilediği için oldukça önemli bir faktördür. Işığın çıktığı ucun kompozit yüzeyinden 10 mm uzaklaştırılmasının ışık şiddetini %50 oranında azalttığı belirtilmektedir. Bu

nedenle en yakın mesafeden ışıklama yapılmalıdır (Erdemir ve Yaman 2011, Lovell ve ark. 1999, Oesterle ve ark. 2001).

Günümüzde polimerizasyonun etkisini artırmak ve polimerizasyon büzülmesini azaltmak için en çok kullanılan ışık uygulama yöntemleri;

- Standart devamlı polimerizasyon,
- Düşük ışık şiddetiyle başlangıç polimerizasyonu yapılan, “soft-start” polimerizasyon;
 - Kademeli güç artışı gösteren ‘step-cure’ polimerizasyon yönteminde, başlangıçta belirli bir süre düşük şiddette ışık uygulanmasının hemen ardından daha yüksek düzeyde enerji verilir.
 - Düzenli güç artışı gösteren ‘ramped-curing’ polimerizasyon yönteminde, başlangıç ışık yoğunluğu ayrı bir basamak değildir. Polimerizasyon işlemi, ilk olarak düşük ışık şiddeti ile başlar, sonrasında orantılı olarak ışık şiddeti arttırılarak en yüksek seviyeye ulaşır.
 - Ara verilmiş kademeli ‘pulse delay’ polimerizasyon yöntemi, kısa süreli bir ışık uygulamasıyla başlangıç polimerizasyonu yapılmasının ardından birkaç dakika bekledikten sonra son ışık uygulaması ile tamamlanır.
 - Salınım şeklinde ‘oscillating’ polimerizasyon yönteminde, polimerizasyon süresince ışık şiddeti, devamlı olarak en yüksek ve en düşük ışık şiddetleri arasında değişmektedir (Asmussen ve Peutzfeldt 2003, Kütük 2015).

Kompozit rezinlerin polimerizasyonu iki fazda gerçekleşir; bunlar, ‘prejel faz’ ve ‘postjel faz’dır. Prejel fazı sırasında, organik matriks akıcıdır ve moleküler yeniden düzenlenmeye geçiş yaparak büzülme kuvvetlerini dengeleyebilir. Bu aşamada, doğrusal polimer zincirler baskındır, bunu takiben rezin viskoz bir duruma ulaşır ve

jel noktasını oluşturur. Rezinin akma kabiliyetini kaybettiği jel noktasından sonraki aşama ‘postjel’ faz olarak adlandırılır. Bu aşama sırasında, polimerizasyon büzülme gerilimi diş restorasyon arayüzüne aktarılır. Polimerizasyon derecesini etkilemeden, kompozitin polimerizasyon büzülmesini en aza indirmek için, soft-start, pulse delay, pulse cure, ve rampa modu gibi çeşitli polimerizasyon modları formüle edilmiştir. Soft-start modunda, ışıklama başlangıçta düşük ışık yoğunluğunda, ardından tam ışık yoğunluğunda devam eder ve kompozitte daha fazla akışa ve stresin giderilmesine izin verir (Kumar ve ark. 2012, Mutluay ve ark. 2014).

Bağlayıcı ajan ve stres absorbe eden kavite taban materyallerinin kullanılması: Kaide materyallerinin kullanılması ile büzülme streslerine karşı elastik bir bariyer oluşturulabileceği ve streslerin daha eşit bir şekilde dağılacağı, böylece büzülmenin azalacağı belirtilmiştir (Davidson ve Feilzer 1997, Erdemir ve Yaman 2011).

Akışkan kompozitler başlangıçta düşük viskoziteleri, artan esneklikleri ve ıslanabilirlikleri nedeniyle hibrit veya packable kompozitlerin altında astar malzemesi olarak önerilmiştir. Akışkan rezin kompozitlerinin astar malzemesi olarak kullanılmasının ardındaki mantık, esas olarak, hazırlanan tüm yüzeylere kolayca akmalarına yardımcı olan azaltılmış viskoziteleriyle ilgilidir. Doldurucu içeriğinin azaltılması ve rezin içeriğinin artırılması karışımın vizkositesinin azalmasına sebep olmuştur. Bu malzemelerin, restoratif rezinde polimerizasyon büzülmesi sırasında oluşan gerilmeleri hafifletmeye yardımcı olmak için esnek bir ara tabaka olarak işlev görebileceği varsayılmış ve marjinal sızıntıyı azaltacağı düşünülmüştür. Ancak, araştırmacılar azalan doldurucu içeriği ve nispeten artan rezin içeriği sebebiyle geleneksel kompozitlere göre daha fazla hacimsel büzülmeye uğradığını bildirmişlerdir (Attar ve ark. 2003, Bayne ve ark. 1998, Leevailoj ve ark. 2001, Neme ve ark. 2002, Stavridakis ve ark. 2005, Tredwin ve ark. 2005).

Cam iyonomer veya diğer materyallerin astar olarak kullanıldığı sandviç tekniği mikrosızıntıyı azaltmak için kullanılan diğer bir yöntemdir. Araştırmacılar kapalı sandviç tekniğini açık sandviç tekniğine göre daha fazla önermektedirler çünkü klinik başarı oranı daha yüksek bulunmuştur (Holtan ve ark. 1990, Stockton ve Tsang 2007). Geleneksel cam iyonomer simanlar flor salma, diş dokusuna kimyasal adezyon ve biyouyumluluk gibi avantajlarından dolayı kaide malzemesi olarak sıklıkta kullanılmaktadır. Fakat kullanım ve sertleşme süreleri ile ilgili sorunlar ajanın klinikte pratik kullanımını kısıtlamaktadır. Yakın zamanda yapılan çalışmalar ile birlikte; düşük viskoziteli ve ıslatılabilirliği artırılmış ışık ile sertleşen cam iyonomer simanlar, var olan dezavantajların üstesinden gelmesi ve özellikle dişeti bölgesinde restorasyonlar altında mikrosızıntıyı azaltması için önerilmiştir. Ancak, bu nedenle yapılarına eklenen rezin pulpaya olan biyouyumluluklarını azaltmıştır (Momoï ve McCabe 1993, Sidhu 1992, Yoshida ve ark. 2000).

3. Restoratif Mateyal:

Restoratif materyalin elastisite modülü: Kompozit rezin materyalinin elastisite modülü mine ve dentinden daha düşüktür. Düşük bir elastisite modülüne sahip olan materyallerin zayıf bağlar sergileyeceği ve materyalin yerleştirilmesinden sonra çekme ve basınç kuvvetleri altında bozulabileceği belirtilmiştir. Doldurucu miktarı fazla olan kompozitlerin elastisite modüllerinin yüksek olması sebebiyle hacimsel büzülme miktarının azalacağı, buna bağlı olarak da kompozit-dentin ara yüzeyinde büzülme streslerinin azalacağı bildirilmiştir. Dentin adeziv sistemlerin kullanılmasının, kavite duvarı ile kompozit arasında elastisite modülü düşük yapay bir elastik duvar oluşturarak büzülme streslerini azaltacağı belirtilmiştir (Erdemir ve Yaman 2011, Estafan ve Estafan 2000, Estafan ve Agosta 2003, Labella ve ark. 1999, Sakaguchi ve Ferracane 1998, Unterbrink ve Liebenberg 1999, Watts ve Marouf 2000).

Restoratif materyalin boyutsal değişimi: Monomer yapıların biraraya gelmesi ile polimer yapının oluşması sırasında bir miktar kütsel büzölme meydana gelir. Kompozitin sertleşme reaksiyonu sonucunda gözlenen hacimsel büzölmesinin; kompozitin monomer yapısına, doldurucu içeriğinin tipine ve yoğunluğuna, polimerlerin çapraz bağlarının derecesine bağlı olduğu saptanmıştır. Işıık ile polimerize olan kompozitlerde, polimerizasyon ışık kaynağına en yakın yerden başlar ve materyalin ışık kaynağına bakan dış yüzeyine doğru bir büzölme görülür (Erdemir ve Yaman 2011, Friedl ve ark. 2000, Leinfelder 2001, Liebenberg ve Unterbrink 1999, Versluis ve ark. 1996).

Kompozit rezinin termal genleşme katsayısının, mine ve dentinden farklı olması sebebiyle ağız içi termal ısı değişimleri karşısında, restorasyonların mine ve dentinden daha fazla genleşme ve büzölme gösterdiği bildirilmiştir (Erdemir ve Yaman 2011, O'Brien 1997, Retief 1994, Vaidyanathan ve ark. 1992). Bu durumda kompozitlerin ağız içi termal ısı değişimleri karşısında daha fazla büzölme ve genleşme göstermesi beklenir (Khoroushi ve Ehteshami 2016).

1.7.2. Mikrosızıntının Önlenmesinde Kavite Dezenfektanlarının Kullanımı

Günümüzde kullanılan çürük temizleme yöntemleri kavitedeki tüm mikroorganizmaları etkin bir şekilde ortadan kaldıramamaktadır. Kavite dezenfektanlarının kullanım amacı, kavite preparasyonu sonrası kavite duvarlarında, mine-dentin birleşiminde, smear tabakasında ya da dentin tübüllerinde kalan bakterilerin yok edilmesidir. Böylece mikroorganizmaların sebep olacağı muhtemel durumların (sekonder çürük, pulpal enflamasyonlar) önüne geçilmiş olacağı düşünülmektedir (Banerjee ve ark. 2000, Gultz ve ark. 1999).

Günümüzde kavite dezenfektanı olarak; klorheksidin glukonat (CHX), hidrojen peroksit (H_2O_2), sodyum hipoklorit ($NaOCl$), benzalkonyum klorür, iyodin

solüsyonları, ozon ve fosforik asit kullanılmaktadır. Bunların yanısıra lazer uygulaması da kavite dezenfeksiyonunda kullanılmaya başlanmıştır (Baseren ve Korkmaz 2008, Komori ve ark. 2009, Özel ve ark. 2005, Pappas ve ark. 2005). Bazı araştırmacılar smear tabakasının kaldırmak için uygulanan fosforik asitin en etkili kavite dezenfektanı olduğunu bildirmişlerdir (Ersöz ve Özyurt 1999).

Bazı araştırmacılar kavite dezenfektanlarının adeziv rezin uygulamasından önce kaviteye uygulanmasının nemlendirme yaparak dentine olan bağlantıyı arttırdığını savunurken (Tulunoğlu ve ark. 1998); diğer araştırmacılar ise kavite dezenfektan uygulamalarının dentine bağlanmayı olumsuz etkilediğini savunmaktadır (Miller 1995).

Klorheksidin (CHX) diş prosedürlerinde yaygın olarak kullanılan bir kavite dezenfektanıdır. Resin esaslı restoratif materyallerin uygulandığı durumlarda, CHX kullanımının sızdırmazlığı nasıl etkilediğine dair spekülasyonlar mevcuttur. Bazı araştırmacılar, klorheksidin bağlantı kuvveti üzerine olumsuz etkisi olmadığını bulmuşlardır (Mobarak ve ark. 2010, Zhou ve ark. 2010). Öte yandan, bazı araştırmacılar klorheksidin sızıntı skorlarını arttırdığını söylemişlerdir (Tulunoglu ve ark. 1998). Klorheksidin sızıntıyı arttırdığını söyleyen çalışmalarda self-etch adeziv sistemler kullanılmıştır. Bu durum klorheksidin ile self-etch adezivler arasındaki negatif etkileşime bağlanmıştır (Jones 2000). Son dönemde yapılan bir araştırmada, Arslan ve ark. (2020), klorheksidin ve self-etch adeziv (Prime Bond NT) sistemin birlikte kullanıldığında sızıntı değerlerinde artış gözlemlediklerini belirtmişlerdir. Arslan ve ark. (2020) tarafından yapılan bu çalışmada; kavite dezenfeksiyonunun kompomer restorasyonlarda görülen nanosızıntısına olan etkisi araştırılmıştır. Çalışmada taramalı elektron mikroskobu ve enerji dağılımlı x-ray analizi kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı; Er, Cr: YSGG lazer, diod lazer, FotoSan ve ajanların; Corsodyl, Cervitec, Cervitec Plus, Fluor Protector gibi farklı ajanların kavite dezenfeksiyonu amacıyla kullanımının kompomer restorasyonların nanosızıntısına etkilerinin incelenmesidir. Sonuç olarak, antibakteriyel etkinliği bulunan ve hem kontrol hem de test gruplarına göre daha düşük nanosızıntı değerleri

gösteren Er, Cr: YSGG lazer kavite dezenfeksiyonunda önerilmiştir. Ayrıca antibakteriyel etkinliği bulunan ve sızıntıyı etkilemeyen diod lazer ve FotoSan'ın da kavite dezenfeksiyonunda önerilebilecek yöntemler arasında olduğu belirtilmiştir.

1.7.3. Kaviteye Florür Uygulamasının Mikrosızıntıya Etkisi

Florürün sızıntı üzerine etkisine ilişkin çalışmalar sınırlıdır. Güncel bir araştırma olan Selveraj ve ark.'nın (2016) yaptığı çalışmada amaç; gümüş diamin florür/potasyum iyodür (SDF/KI) uygulanmış dentine etch and rinse ve self-etch adeziv sistemlerin uygulanmasının bağlanma kuvveti ve rezin-dentin arasındaki nanosızıntıya olan etkisinin transmisyon elektron mikroskobu (TEM) kullanılarak karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir. Çalışmada dişler kompozit rezin ile restore edilmiştir. Çalışma sonucunda; SDF/KI uygulanan örneklerde bağlanma kuvvetinin arttığı ve rezin-dentin ara yüzünün TEM ile incelemesi sonucunda da %38 SDF/KI ile ön muamelenin, kullanılan adeziv sisteminin türüne bakılmaksızın nanosızıntıyı azalttığı tespit edilmiştir.

1.7.4. Farklı Adeziv Sistemlerin Mikrosızıntıya Etkisi

Restoratif malzemelerin altında kullanılan adeziv materyaller mikrosızıntı üzerinde etkili olan faktörlerden biridir. Adeziv sistemlerin sitotoksik etkileri nedeniyle oluşan pulpa hasarının, bakteri penetrasyonunun, sekonder çürüğün ve sonunda oluşacak restorasyon kaybının önüne geçmek için uygun adeziv sistemi seçerken çeşitli faktörlere dikkat etmek gerekmektedir (Milia ve ark. 2012, Pongprueksa ve ark. 2007).

Total-etch adezivlerin mine ve dentine bağlanma oranlarının yüksek olmasına rağmen bazı dezavantajları vardır. Bunlar, uygulama basamağının fazla olması ve

dentinin nemliliğine olan duyarlılıktır. Dentinin aşırı nemli olduğu durumlarda, rezinin kollajen fibrilleri arasına infiltre olmasında sorunlar oluşmaktadır. Aşırı kurutma durumunda kollajen fibrillerin çökmesi, dekalsifiye dentine monomer penetrasyonunu engellemekte, bağlantıyı olumsuz etkilemektedir. Total-etch sistemlerde karşılaşılan bu sorunlar self-etch adezivlerin gelişmesine neden olmuştur (Hashimoto ve ark. 2000, Pioch ve ark. 2002, Sano ve ark. 1994). Kendinden pürüzlendirmeli sistem olan self-etch adezivlerin minede fosforik asit kadar iyi bağlantı sağlayamaması önemli bir dezavantajdır. Mineye olan bağlantıyı arttırmak için self-etch adezivden önce sadece minenin asitlendiği selektif asitleme önerilmiştir. Fakat mineye asit uygulaması sırasında dentine taşırmamak mümkün olamamaktadır. Dentin asit uygulamasından etkilendiği durumda, self-etch adezivin dentinin derin bölgelerindeki demineralize bölgelere infiltre olması zorlaşmaktadır. Bu durum dentinde bağlanmayı olumsuz etkilemektedir (Erickson ve ark. 2009, Hanabusa ve ark. 2012, Perdigao ve ark. 2012, Peumans ve ark. 2010, Takamizawa ve ark. 2016).

1.8. Rebonding

Rebonding kavramı ilk defa 1987 yılında Garcia-Godoy ve Malone tarafından ortaya atılmıştır. Yapılan in vitro çalışmalarda; hem amalgam hem de kompozit gibi rezin esaslı dolguların marjinlerinde mikrosızıntıyı engelleme üzerine etkili olduğu bildirilmiştir (Ben Amar ve ark. 1990, García-Godoy ve Malone 1987, Munro 1996).

Dolgu ile diş arasında oluşan mikro boşlukların örtücü bir ajan ile doldurulması ile mikrosızıntının azaltılması işlemine 'rebonding' denir. Rebonding (yeniden bağlanma) kavramı, marjinal adaptasyonun kalitesini ve dayanıklılığını artırarak mikrosızıntıyı en aza indirme yollarından birisidir. Rebonding işleminde amaç, restorasyonda meydana gelen polimerizasyon büzülmesi sonucu oluşan boşluğun doldurulmasıdır (dos Santos ve ark. 2008, García-Godoy ve Malone 1987, Judes ve ark. 1982, May ve ark. 1996, Özalp ve ark. 2004, Ramos ve ark. 2002, Reid ve ark. 1991).

Rezin esaslı kompozit restorasyonlarda optimum düzeyde bitirme ve cila işlemlerinin uygulandığı durumlarda dahi yüzeyde bulunan mikro düzensizlikler nedeni ile; restorasyon ağız ortamında bulundukça doğal olarak aşınma, bunun sonucunda da marjinal mikrosızıntı gözlemlenmektedir. Bu problemleri çözmek amacı ile polimerize edilmiş restorasyon yüzeyine bitirme işlemlerini takiben düşük viskoziteli rezin materyal uygulamalarının etkileri araştırılmıştır. Yüzeye penetre olabilen örtücüler ya da rebonding ajanlar olarak adlandırılan bu materyaller bitirme ve cila işlemleri sonrasında yüzeyde kalan mikro defektler ve mikro fissürlerin tamamını kapiller hareketle doldurabilmelidir. Bu yaklaşım ile yüzey pürüzlülüğünü azaltarak daha düzgün bir yüzey oluşturulabileceği de varsayılmaktadır (Berastegui ve ark. 1992, Rueggeberg ve Margeson 1990, Takeuchi ve ark. 2003).

Yüzey örtücü materyaller bitirme ve polisaj işlemlerini hızlandırmak amacı ile üretilmiş olup ilk başlarda sadece geçici restorasyonların yüzeyine uygulanmıştır. Yüzey örtücü uygulamasının geçici restorasyonlar üzerindeki bakteri invazyonunu azalttığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda parlak ve pürüzsüz yüzey elde etmek için harcanan zaman kısaltılmıştır (Perez Davidi ve ark. 2007, Takeuchi ve ark. 2003, Tjan ve Tan 1991). Bu sonuçlara bakılarak daimi restorasyonların örtülenmesinde de kullanılmaya başlanmıştır. Yüzey örtücülerin restorasyonun parlaklığını sağlarken aynı zamanda mikrosızıntıyı azalttığı tespit edilmiştir (Bertrand ve ark. 2000, Sarac ve ark. 2006).

Örtücü ajan olarak bu işlem için özel olarak üretilmiş ajanlar kullanılabileceği gibi bir dentin adeziv sistem de uygulanabilir. Bu malzemeler, kılcal hareketle marjinal boşluklara nüfuz eder. Klinik çalışmalar, yeniden bağlanma tekniklerinin aşınma direncini ve marjinal bütünlüğü arttırdığını göstermiştir (Dickinson ve Leinfelder 1993, dos Santos ve ark. 2008, Erhardt ve ark. 2002, Giachetti ve ark. 2006, May ve ark. 1996, Prakki ve ark. 2005, Ramos ve ark. 2002).

Mikrosızıntıyı önlemenin zor olduğu sınıf V kavitelerde dolgu kenarlarında oluşan boşlukların rebonding işlemi ile doldurulması son derece etkili bir teknik olarak gündeme gelmiştir (Munro ve ark. 1996, Ramos ve ark. 2002, Tjan ve Tan 1991).

Konvansiyonel bitirme ve parlatma tamamen pürüzsüz bir yüzey sağlamadığından, restoratif malzemeyi kaplamak için rezinlerin kullanılması, hem mekanik özellikleri hem de renklenmeyi aşmak suretiyle mikroyapısal kusurları doldurabildiği varsayılmaktadır (Dede ve ark. 2016, Dickinson ve Leinfelder 1993, Perez ve ark. 2009).

1.9. Rebonding Ajanlar Nelerdir?

Rebonding işlemi için kullanılan malzemeler; fissür örtücüler, düşük viskoziteli rezinler ve dentin bağlayıcı ajanlardır (Ben-Amar ve ark. 1990, Dickinson ve Leinfelder 1993, Mertz- Fairhurst ve Ergle 1991, Mertz- Fairhurst ve Newcomer 1988, Özalp ve ark. 2004).

Rebonding işlemi ilk zamanlarda fissür örtücüler ve/veya dentin bağlayıcı ajanların kullanımı ile uygulanmıştır. Bu denemelerin başarısı kullanılan materyallerin akıcılık, diğer materyalleri ıslatabilme özelliği ve materyalin derin kısımlarına ne kadar penetre olabildiği ile doğrudan ilişkilidir. Son zamanlarda üretilen restorasyon örtücü ajanlar ya da “yüzey örtücüler” geliştirilmiş bir formulasyona sahip olup doldurucusuz rezin (metakrilat), düşük molekül ağırlığına sahip monomerler ve diğer modifiye edicilerle beraber yüksek verimliliğe sahip foto başlatıcılar içerirler (Ersöz ve Erkli 2012, Ramos ve ark. 2002).

Rebonding amacıyla özel olarak üretilen ajanlara; Fortify (Bisco Inc), Lasting Touch (Dentsply Sirona), BisCover LV (Bisco Inc), Fill Glaze (Vigodent SA),

Optiguard (Kerr), PermaSeal Kit (Ultradent), G-Coat Plus (GC Corporation), Seal-n-Shine (Pulpdent Corporation), DuraFinish (Parkell) örnek verilebilir.

Yüzey kaplama malzemeleri ışıqla polimerize olan malzemelerdir ve doldurucu içermeyen Bisfenol-A Glisidil Metakrilat (Bis-GMA), Üretan Dimetakrilat (UDMA), Three Etilen Glikol Dimetakrilat (TEG-DMA) içerir, çünkü düşük viskozite ve yüksek ıslanabilirliğe sahiptir. Restorasyon arayüzünde bulunan mikro boşluklara nüfuz eder ve kompozit rezin restorasyonların dentini ve sementi içeren sınırlarında mikrosızıntıyı en aza indirebilir. Ayrıca, tamamlanmış restorasyonun yüzey pürüzlülüğünü ve bunun sonucunda plak birikimini azaltabilirler. İn vitro çalışmalar bu amaçla adeziv sistemlerin kullanılmasının da mikrosızıntıyı en aza indirdiğini ortaya koymuştur (Arisu ve ark. 2009, D'Alpino ve ark. 2006, Mousavinasab ve ark. 2008, Perez ve ark. 2009, Ramos ve ark. 2002, Silva Santana ve ark. 2009).

Rebonding uygulamalarında ilk olarak, kompozit rezinin yüzeyine ve diş ile restorasyon arasına, diş/restorasyon birleşimini 0.5 mm taşıyacak şekilde asit uygulanır. Bu amaçla; başta fosforik asit olmak üzere üretici firmalar tarafında önerilen herhangi bir asit kullanılabilir. Restorasyon yüzeyine asit uygulanmasının amacı, temiz bir restorasyon yüzeyi elde edebilmektir. Diş yüzeyinin asitlenmesi ile minede tutuculuk artırılır. Daha sonra rebonding ajanı restorasyon yüzeyine ve asitlenmiş mineye uygulanır ve polimerize edilir (Bertrand ve ark. 2000).

1.10. Restoratif Materyallerde Yüzey Pürüzlülüğü

Restorasyonların yüzeyinin pürüzlü olması plak birikimine buna bağlı olarak dişeti problemlerine, tekrarlayan çürüklere sebep olabilmektedir (Morgan 2004, Yap ve ark. 1997). Restorasyonda istenilen estetik görünüme ulaşmak için parlak ve pürüzsüz bir yüzey gerekmektedir. Pürüzsüz restorasyon yüzeyi; estetik sonucu artırmanın yanı sıra, mikro pürüzlülüğün olmaması nedeniyle renk değişimini ve plak

tutunmasını önler. Ayrıca, yüzey düzgünlüğü sürtünme katsayısını azaltır ve bu da restorasyonların klinik performansını olumsuz etkileyen aşınma oranını azaltabilir. Yüzey kalitesi rezin restorasyonların kırılma direncini de etkilemektedir ve pürüzsüz yüzeylerin kırılmaya karşı daha dayanıklı olabileceği rapor edilmiştir (Kakaboura ve ark. 2007).

Bir restorasyonun dış yüzeyinin pürüzlü olması, gıda artıkları ve epitel hücrelerinin yanı sıra oral mikroorganizmaların birikimine ve plak oluşumuna neden olabilmektedir (Lopes ve ark. 2012, Senawongse ve ark. 2007). Plak oluşumu ve oral mikroorganizmaların yapışması, çürük lezyonları ve periodontal hastalıkların artışına ve diş kaybına sebep olabilmektedir (Kuhar ve Funduk 2005). Son yapılan çalışmalarda, plak birikimine sebep olan yüzey pürüzlülüğü için bir eşik ($R_a = 0,2 \mu m$) bildirilmiştir. Bu eşiğin altındaki yüzeylerde plak birikiminde azalma olurken, daha yüksek olan yüzeylerde plak birikiminde artış görülmüştür (Bollen ve ark. 1996). Aykent ve ark. (2010), yüzey pürüzlülüğü ile *S. mutans* adezyonu arasında pozitif bir ilişki olduğunu bildirmiştir.

Rezin restorasyonların yüzey pürüzlülüğü, içeriğindeki monomer tipine, doldurucuların şekline ve boyutuna, bitirme ve polisaj tekniklerinin kalitesine bağlıdır. Bitirme ve polisaj aşamaları için, tungsten karbit bitirme frezleri, elmas bitirme frezleri, kauçuk veya silikon diskler ve alüminyum oksit kaplı aşındırıcı diskler kullanılır (Aydın ve Özalp 2021, Jefferies 1998, Güler ve ark. 2009, Lima ve ark. 2011). Alüminyum oksit diskler bitirme ve polisajda etkili ve tercih edilir olmasına rağmen diş anatomisinin karmaşıklığı nedeniyle kullanımları sınırlı olabilmektedir (Dede ve ark. 2016, Nagem ve ark. 2003).

Dolgu partiküllerinin boyutu, kompozit rezin restoratif restorasyonların parlatılabilirlik özelliğini belirler. Kompozit rezinlerin doldurucu ve rezin matriksi farklı sertliklere sahiptir ve bu nedenle aynı derecede aşınmazlar. Parlatma sonrası konvansiyonel kompozit rezin sert quartz partiküllerinin çevresinde mikro boşluklar

ve gözenekler oluşur ve restorasyon yüzeyinde düzensizliğe neden olabilir. Bu kusurları ve düzensizlikleri doldurmak ve sonuç olarak yüzey pürüzlülüğünü azaltmak için rebonding ajanlar kullanılabilir (Dede ve ark. 2016, Sarac ve ark. 2006).

1.10.1. Yüzey Pürüzlülüğü Tespit Yöntemleri

Dental materyallerde yüzey pürüzlülüğü üzerine araştırmalar, optik ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) gibi nitel yöntemleri ve yüzey profili analizi (Profilometre) gibi nicel yöntemleri içermektedir. Temaslı elmas ve temassız lazer modlarının yanı sıra lazer yansıtma ölçüm sistemleri, yüzey profili ölçümleri için yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek için, diş hekimliğinde in-vitro çalışmalarda son yıllarda sıklıkla tercih edilen bir yöntem olan ‘Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscope, AFM)’ analizi de kullanılmaktadır (Kakaboura ve ark. 2007).

1.10.1.1. Profilometre

Profilometreler mekanik ve optik profilometreler olmak üzere farklı iki tipte bulunmaktadır.

Mekanik Profilometreler

Mekanik profilometreler iki boyutludur. Elmas bir uç kullanılan dokunsal bir yöntemdir. Sensör bir X ekseni boyunca hareket eder. Makinenin çevirme sistemini referans alarak dikey Z ekseni boyunca yükseklikteki değişiklikleri ölçer. Bu nedenle, incelenen yüzey ile sensörün çevirme ekseni arasındaki paralellik çok dikkatli bir şekilde ayarlanmalıdır (Joniot ve ark. 2006).

Bu tür mekanik temas yöntemlerinde, ucun şekli bir filtre görevi görür ve boyutları sensörün eğrilik yarıçapına göre küçük olan kusurlar ihmal edilir. Tekniğin duyarlılığı 0,01 μm düzeyindedir. Pürüzlülük minimum olduğunda, sensör çözünürlüğü yetersizdir ve optik ölçümler gereklidir (Jung ve ark. 2003).

Mekanik profilometreler;

Ra; Ortalama yüzey pürüzlülük değerini,

Rmax; belirli mesafedeki en yüksek ve en derin noktalar arası mesafeyi,

Rz; belirli mesafedeki birbirini izleyen 5 maksimum yükseklik ve derinliğin ortalamasını, hem dijital hem de analog donanım ve yazılım kullanılarak kaydedilebilmektedir (Jefferies 1998).

Optik Profilmetreler

Optik profilometreler, üç boyutlu analiz yöntemleridir. Mekanik temassız bir yöntemdir ve ölçüm cihazı optik bir ışıdır. Cihaz, yüzeyde belirlenen referans noktaları arasındaki mesafeyi ölçerek çalışmaktadır. Cihazın optik bileşenleri, yaklaşık 100 μm^2 'lik bir alan üzerinde birkaç nanometrelik bir çözünürlük sağlamaktadır (Joniot ve ark. 2006).

1.10.1.2. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)

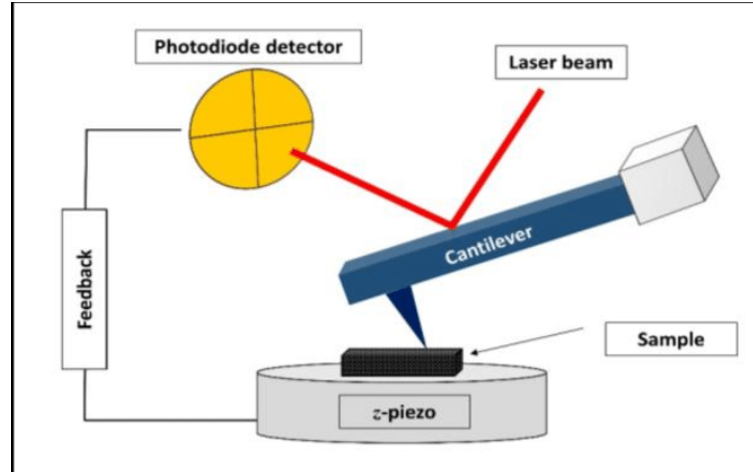
Tarama uçlu mikroskoplar (SPM), atom altı çözünürlükte yüzey yapılarının fiziğini ve kimyasını araştırmak için tasarlanmış çeşitli deneysel yöntemlerden oluşur (Kubinek ve ark. 2007). Atomik kuvvet mikroskobu (AFM), SPM'nin bir dalıdır (Silikas ve ark. 2001, Tsenova-Ilieva ve Karova 2020).

AFM, Binning ve ark. tarafından 1986'da icat edildiğinden beri fizik, biyoloji ve malzeme bilimi alanlarında en yaygın kullanılan görüntüleme araçlarından biri haline gelmiştir. AFM, tahribatsız probalar ile bir yüzey üzerinde bir atomik kuvvet alanının haritalanmasına dayanmaktadır. Örneğin tipine bağlı olarak 0,1 nm'den dikey ve yanal çözünürlüğe sahip bir nesne yüzeyinin ayrıntılı topografik üç boyutlu görüntüsünün elde edilmesini sağlar (Kubinek ve ark. 2007, Silikas ve ark. 2001).

AFM tekniğinin benzersiz çözünürlüğü, esnek bir konsola bağlı ultra keskin AFM probalarına (tipik olarak 4-60 nm yarıçaplı uçlar) ve örneğin x-y düzleminde taranmasına izin veren hassas seramik piezoelementlere dayanır. Piezoelementler, prob ve numune arasında sabit bir kuvvet sağlamak için z-yönünde hareket eder. AFM ucu yüzeyi tararken, AFM, uç ve yüzey arasındaki etkileşimi kayıt eder. Bu etkileşimler Van der Waals kuvvetleri, kapiller kuvvetler ve sürtünme kuvvetlerine bağlıdır (Şekil 1.9) (Jandt 2001, Tsenova-Ilieva ve Karova 2020).

Dental araştırmalar için AFM'nin önemi, analizin minimum numune hazırlığı ile yapılabilmesidir. Daha iyi kontrast ve iletkenlik için ne fiziksel veya kimyasal fiksasyonlar ne de metal püskürtme ile yüzeyin kaplanması gerekli değildir. Sonuç olarak, test edilen malzemeler ve biyomekanik özellikleri orijinal hallerine yakın tutulur (Kubinek ve ark. 2007, Silikas ve ark. 2001). Bununla birlikte, özellikle düzlemselliği ile ilgili olarak numune hazırlamada karşılanması gereken bazı kriterler vardır. AFM'nin dokunma modunda yalnızca belirli bir yükseklik varyasyonu ile başa çıkılabilir. Bu sebeple örnek düz olmalıdır ve boyutu çok büyük olmamalıdır çünkü tarayıcının içine sığamama durumu ortaya çıkabilir (Silikas ve ark. 2001).

AFM taraması, sonuçların alınması ve yorumlanması için özel bir yazılım ve eğitilmiş operatör gerektiren pahalı ve zaman alan bir süreçtir. (Tsenova-Ilieva ve Karova 2020).



Şekil 1.9. AFM tekniğinin şematik kurulumu (Tsenova-Ilieva ve Karova 2020)

1.11. Restoratif Materyallerde Mikrosertlik

Mikrosertlik, restoratif materyallerin fiziksel özelliklerinin tanımlanmasında önemli kriterlerden biridir. Mikrosertlik değerinin istenen düzeyde olması, aşınmaya karşı direnci arttırdığı gibi materyalin çeşitli kuvvetler karşısında deforme olmasını önleyerek klinik başarıyı artırır (Willems ve ark. 1993, Yap ve ark. 2001).

Posterior restorasyonlar gibi yüksek gerilim taşıyan alanlarda restorasyonun yüzey sertliği temel gereksinimlerden biridir. Düşük yüzey sertliğine sahip malzemeler deformasyona daha duyarlıdır. Mikrosertlik, monomer tipi, dolgu tipi, morfoloji, hacim ve ağırlıktan etkilenebilir. Ayrıca restorasyonun bitirilmesi ve cilalanması kompozit materyallerin sertliğini etkileyebilir (Moraes ve ark. 2008, Tekce ve ark. 2017, Yıkılğan ve ark. 2017).

Rezin restoratif materyallerdeki doldurucu partiküllerin yüzdesi, şekli ve büyüklüğü de materyalin mikrosertliğini etkiler (Jung ve ark. 2003). Genel olarak doldurucu oranının artması ile materyalin hem mikrosertliği hem de mekanik özellikleri olumlu yönde etkilenir (Manhart ve ark. 2000).

1.11.1. Mikrosertlik Ölçüm Yöntemleri

Diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyallerin mikrosertlik ölçümlerinde Brinell, Rockwell, Barcol, Vickers ve Knoop test metotları sıklıkla tercih edilmektedir (Zaimoğlu ve ark. 1985, Zaimoğlu ve ark. 1993).

1.11.2. Vickers Mikrosertlik Ölçüm Cihazı

Vickers yöntemi ile sertlik hesaplanmasında 136^0 açılı piramit şekilli bir elmas uç kullanılır. Piramit şeklindeki uç, belirli bir yük ile sertliği ölçülecek materyal yüzeyine temas ettirilir. Yük kaldırıldıktan sonra kare veya piramit şeklinde bir çentik meydana gelir. Materyalin sertliğinin ölçümü için oluşan çentiğin köşegenlerinin ortalaması hesaplanır. Bu ölçüm, cihaza ilave edilmiş bir mikroskop yardımıyla ölçme ekranına aktarılarak, ölçüm ekranındaki hareketli iki cetvel yardımıyla, köşegenlerin uzunluklarının ayrı ayrı ölçülüp ortalamasının alınmasıyla yapılmaktadır. Böylece Vickers Sertlik Değeri (VHN) hesaplanmış olur (Bayne ve ark. 2002, Pober 1998, Wassell ve ark. 1992).

Vickers sertlik değeri (VHN) kg olarak ifade edilen deney yükünün mm^2 olarak ifade edilen iz alanına bölümüdür. $VHN = 1.854 \times \text{kuvvet} / (\text{taban köşegeni})^2$ formülü ile hesaplanır. İz alanı ne kadar küçükse elde edilen vickers sertlik değeri o kadar büyük olur ve bu durum materyalin daha sert olduğunu gösterir (Bayne ve ark. 2002, Türkün ve Gökay 2002).

1.12. Amaç

Rezin esaslı restoratif materyallerde meydana gelen mikrosızıntının önlenmesinde yüzey örtücülerin (rebonding ajanların) uygulandığı ve değerlendirildiği çalışmalar mevcuttur (Demirci ve ark. 2013, Özalp ve ark. 2004, Ramos ve ark. 2002, Sadeghi ve ark. 2013). Literatür incelendiğinde kompomer ve bulk-fill kompozit restorasyonlara yüzey örtücülerin uygulanması sonucu yüzeyde meydana gelen mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü gibi fiziksel özelliklerdeki değişikliklerin incelendiği çalışmaların ise sınırlı sayıda olduğu gözlemlenmiştir (Gürbüz ve ark. 2020, Uzel 2012). Tüm bu parametreleri süt dışı restorasyonlarında değerlendiren çalışma ise bulunmamaktadır.

Bu bilgiler ışığında; bu çalışmanın amacı, bir rebonding ajan olan Biscover-LV'nin (Bisco Inc., Schaumburg, IL, Amerika) çocuk diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan rezin içerikli restoratif materyaller olan kompomer ve bulk-fill kompozit restorasyonların yüzeyine uygulanmasının mikrosızıntı, mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin in-vitro koşullarda incelenmesidir.

Bu çalışmanın H_0 hipotezi; süt dişlerine uygulanan kompomer ve bulk-fill kompozit restorasyonlarda rebonding ajan uygulamasının mikrosızıntı, yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertlik üzerinde bir etkisinin olmayacağıdır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu tez çalışması; 2 ana grup, 6 alt grup olacak şekilde planlanmıştır. Örneklem hacminin belirlenmesi amacıyla çalışmaya başlamadan önce “güç analizi” gerçekleştirilmiştir. Örnek hacmi hesaplanırken izlenen adımlar;

- > 1.tip hata payı (α) = 0.05,
- > Etki büyüklüğü (effect size f) = 0.4
- > Testin gücü ($1-\beta$) = 0.80 alınmıştır.

Bu verilere dayanarak her bir test tipi için; her alt grupta 15 örnek olmak üzere 6 grupta toplam 90 örnek ile çalışılması planlanmıştır.

2.1. Etik Kurul Onayı

Araştırma için gerekli etik kurul onayı, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı’ndan alınmıştır (36290600/51 sayılı, 14.04.2021 tarihli)

2.2. Mikrosızıntının Değerlendirilmesi için Örneklerin Toplanması ve Saklanması

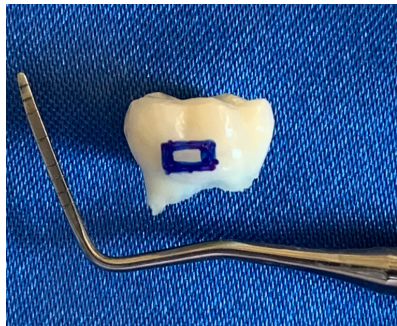
Çalışmada, çekilmiş 90 adet süt molar diş kullanılmıştır (Şekil 2.1). Çalışmaya ait işlem basamak prosedürleri başlayana kadar, dişler %0,9 salin solüsyonunda en fazla 6 ay süresince bekletilmiştir.



Şekil 2.1. Çalışmada kullanılan süt molar dişine bir örnek

2.3. Mikrosızıntının Değerlendirilmesi için Örneklerin Hazırlanması

Dişler n=45 olacak şekilde rasgele iki gruba ayrılmıştır. Her dişin bukkal yüzeyine sulu soğutma altında elmas fissür frezler ile (109X012, Meisinger, Germany) standart boyutlarda (3 mm uzunlukta x 2 mm genişlikte x 1,5 mm derinlikte) sınıf V kaviteler açılmıştır. Kavitelerin gingival kenarları mine-sement sınırının 1 mm üzerinde, okluzal kenarları ise gingival kenarın 3 mm üzerinde hazırlanmıştır (Şekil 2.2) (Arslan ve ark. 2020). Her beş kavite preparasyonundan sonra frez değiştirilmiştir. Kavitelerin boyutları, standardizasyon sağlanması amacıyla periodontal sond yardımı ile ölçülerek işaretlenmiştir.

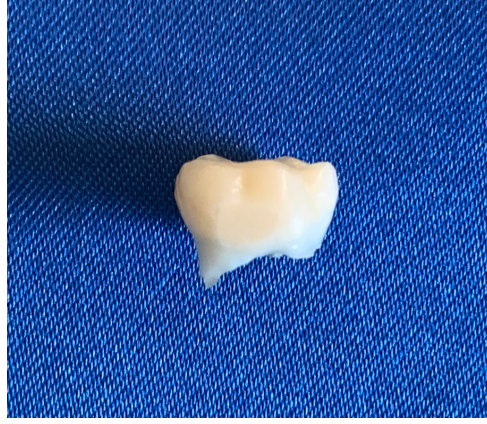


Şekil 2.2. Mikrosızıntının değerlendirilmesi amacıyla dişin bukkal yüzüne açılan kavite örneği

2.4. Mikrosızıntının Değerlendirilmesi için Restoratif Materyallerin Uygulanması

Kompomerin Uygulanması: Kullanım kılavuzu doğrultusunda; kavitelerin açılmasının ardından dentin yüzeyleri hafif nemli kalacak şekilde yıkanıp kurutulmuştur. Her bir kat arasında 5-10 saniye hava ile inceltiren çift kat adeziv ajan (Prime&Bond Elect Universal, Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany) aplikatör yardımı ile uygulandıktan sonra 15 sn süre ile 1500 mW/cm² gücünde LED (Light Emitting Diode, Rii plus, SDI, Australia) ışık kaynağı kullanılarak polimerize edilmiştir. Daha sonra kompomer (Dentsply DeTrey, Konstanz, Almanya) inkremental teknik kullanılarak 1,5 mm'lik homojen boşluksuz tabakalar halinde yerleştirilmiştir. Her bir tabaka 20'şer sn ışıqlanarak polimerize edilmiştir.

Bulk-fill kompozit rezinin uygulanması: Kullanım kılavuzu doğrultusunda dentin yüzeyleri hafif nemli kalacak şekilde yıkanıp kurutulmuştur. Her bir kat arasında 5-10 saniye hava ile inceltiren çift kat adeziv ajan (Prime&Bond Elect Universal, Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany) aplikatör yardımı ile uygulandıktan sonra 15 sn süre ile 1500 mW/cm² gücünde LED (Light Emitting Diode, Rii plus, SDI, Australia) ışık kaynağı kullanılarak polimerize edilmiştir. Daha sonra bulk-fill kompozit (Filtek™ 3M ESPE GmbH, Seefeld, Almanya) tek tabaka halinde kaviteye yerleştirilmiş ve 20 sn polimerize edilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Bulk-fill kompozit rezin uygulanan örnek

2.5. Mikrosızıntının Değerlendirilmesi için Çalışma Gruplarının Belirlenmesi

Mikrosızıntının değerlendirilmesi için oluşturulan ana gruplar:

Kompomer grubu: Kompomer uygulanan örnekler (n=45)

Bulk-fill kompozit grubu: Bulk-fill kompozit rezin uygulanan örnekler (n=45)

Ana gruptaki örnekler rasgele olarak alt gruplara n=15 olacak şekilde dağıtılmıştır:

Negatif kontrol grubu: Bitirme ve polisaj işlemi uygulanmamış restorasyonlar (n=15)

Pozitif kontrol grubu: Bitirme frezi (16 bıçaklı tungsten karbid bitirme frezi (Meisinger, Düsseldorf, Almanya) ile 10 sn bitirme işlemi + cila diskleri (3M™ Sof-Lex™ XT Discs) ile (10.000 rpm’de her disk için 15 sn tek yönlü hareketle) polisaj işlemi uygulanmış restorasyonlar (n=15)

Çalışma grubu: Bitirme frezi (16 bıçaklı tungsten karbid bitirme frezi (Meisinger, Düsseldorf, Almanya) ile 10 sn bitirme işlemi + Rebonding ajan (BisCover LV, Bisco Inc., Schaumburg, IL, Amerika) uygulanmış restorasyonlar (n=15)

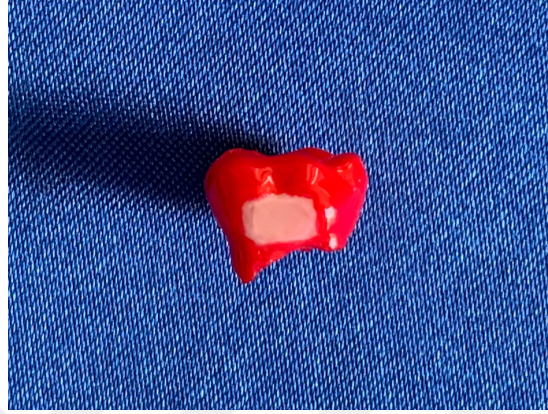
Rebonding ajanın uygulanması: Bitirme işleminin ardından kompomer ve bulk-fill kompozit dolgu yüzeylerine ve 0,5 mm'lik komşu diş yüzeyine 15 saniye boyunca %37'lik fosforik asit uygulanmış, ardından 15 saniye su ile durulanmıştır. Örneklerin hava ile kurutulmasını takiben Biscover LV, asitlenmiş yüzeylere bir aplikatör yardımı ile uygulanmış, 15 sn boyunca etanolün buharlaşmasına izin verilmiş ve ardından üretici firmanın talimatları doğrultusunda 30 sn süre ile 1500 mW/cm² gücünde LED (Light Emitting Diode, Rii plus, SDI, Australia) ışık kaynağı kullanılarak polimerize edilmiştir.

Tüm dişler, restoratif işlemlerin ve bitirme polisaj işlemlerinin uygulanmasının ardından polimerizasyon işleminin tamamlanması için 24 saat boyunca 37°C'de karanlık bir etüvde (Medcenter Emrichtngen GmbH, Planegg, Germany) bekletilmiştir.

2.6. Mikrosızıntının Değerlendirilmesi

Tüm örneklerin kök uçları sızıntıları önlemek amacıyla mum ile kapatılmıştır. Her bir örneğe, her grup için farklı renkte olacak şekilde, iki tabaka tırnak cilası, restorasyon kenarlarına 1 mm yaklaşacak şekilde tüm diş yüzeylerine uygulanmıştır (Şekil 2.4). Tüm örnekler; 12 saat süreyle karanlıkta, ağırlıkça %50'lik gümüş nitrat (Merckb 101510 Silver Nitrate cryst, merck KgaA, 64271, Germany) solüsyonunda bekletilmiştir. Ardından 2 dakika süresince akan su altında yıkanmış ve 8 saat floresan ışık altında fotoğraf geliştirici solüsyon (1. banyo solüsyonu) (Dental X-RayDeveloper, Medley, MDC, Türkiye) içerisinde bekletilmiştir. Yanlış pozitif

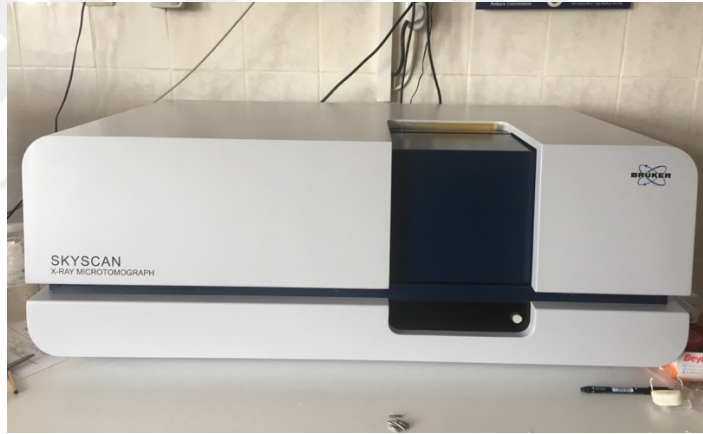
boyanmaların önüne geçmek için, örneklerin yalnızca koronal kısımları solüsyonlara batırılmıştır. Sonrasında örnekler diş fırçası ve su yardımıyla temizlenmiştir.



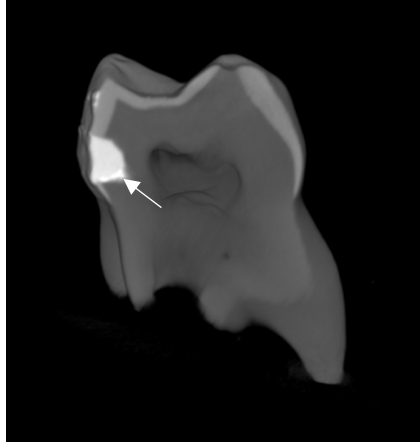
Şekil 2.4. İki tabaka tırnak cilasının restorasyon kenarlarına 1 mm yaklaşacak şekilde tüm diş yüzeylerine uygulanması

Örneklerin taranması için Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Merkez Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan, yüksek çözünürlüklü bir masaüstü mikro-BT sistemi (Bruker Skyscan 1172, Kontich, Belgium) kullanılmıştır (Şekil 2.5). Taramalar; 70 kV/ kilovoltaj pik (kVp), 125 mikroamper (uA), 1 mm alüminyum filtre, 30 µm piksel büyüklüğü ve her 0,2 adımda rotasyon uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Taramalar öncesi artefaktların ve sensörün kalibrasyonu için hava ile kalibrasyon yapılmıştır. Her örnek 30 dakikalık bir tarama süresinde 49 milisaniyelik pozlama süresi ve 3 ortalama pozlama ile 360° boyunca taranmıştır. Örneklerin tarama aşamasından sonra aksiyal kesitlerin 3 boyutlu olarak görüntülenebilmesi için yapılandırma (rekonstrüksiyon) işlemi NRecon (ver. 1.7.4, Bruker microCT Systems, Kontich, Belçika) yazılımı ile yapılmıştır. Yapılandırma işlemi sırasında ring artefaktı düzeltimi 7, düzeltirme 3 ve ışın artefaktı düzeltilmesi ise %38 olarak ayarlanmıştır. Yapılandırma işleminde 1800 kesitsel görüntü yapılandırılmıştır. Ayrıca görüntülerin sadece örnekleri içerebilmesi için çevirim minimum ve maksimumum 0- 0.1 arasında tutulmuştur. CTA (v. 1.20.3 Bruker microCT Systems, Kontich, Belçika) yazılımı üç boyutlu hacimsel analizler için kullanılmıştır. Yazılım ile mikrosızıntıların

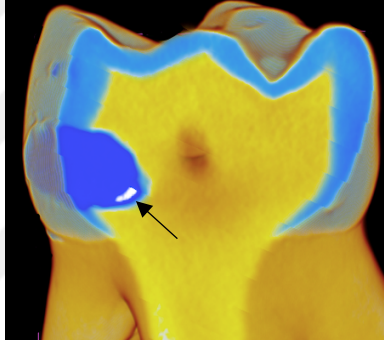
belirlenmesi amacıyla ilgilenilen bölgeler (ROI) belirlenmiş, mikrosızıntının hacimsel hesaplamaları için gri skala değerleri aracılığıyla manuel segmentasyon yapılmış ve sızıntı hacimsel olarak hesaplanmıştır (Şekil 2.6). Analizler Binary görüntüler oluşturarak yapılmıştır. Bu analiz yönteminde analizler siyah ve beyaz pikseller üzerinden gerçekleştirilmektedir. Örneklerin üç boyutlu yapılarının incelenmesi ve görüntü üzerinden doğrulamaların yapılabilmesi için CTVox (v. 3.3.0 Bruker microCT Systems, Kontich, Belçika) yazılımı kullanılmıştır (Şekil 2.7-2.9). Bu yazılım hacim oluşturma (Volume Rendering) üzerinden çalışarak iki boyutlu görüntülerden üç boyutlu görüntüler oluşturmaya amaçlar. Her bir kesit iki araştırmacı tarafından bağımsız olarak değerlendirilmiştir. Araştırmacılar arasında çelişki yaşandığı durumlarda, ortak bir fikre varılana kadar kesitler tekrar incelenmiştir.



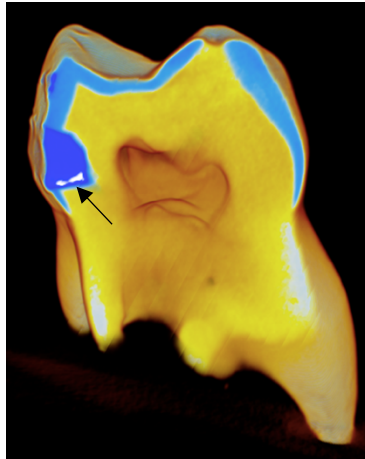
Şekil 2.5. Mikro-BT cihazı



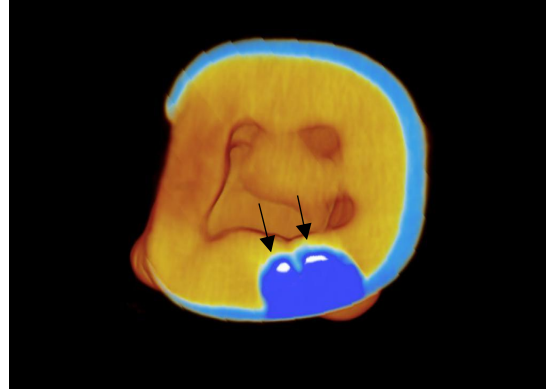
Şekil 2.6. Mikro-BT ile restorasyonun altında radyoopak olarak görüntülenen gümüş nitrat penetrasyonu



Şekil 2.7. Bulk-Fill kompozit kontrol grubunda Mikro-BT ile görüntülenen sızıntı



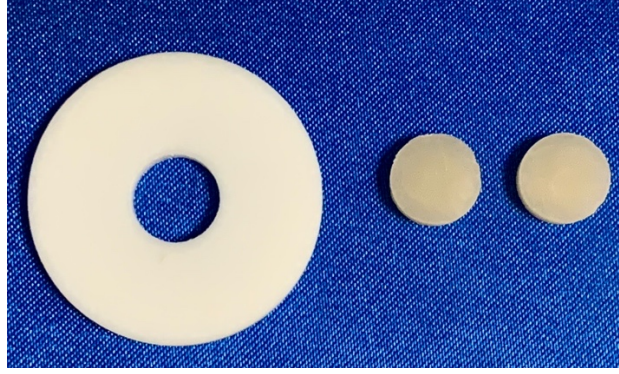
Şekil 2.8. Kompomer kontrol grubunda Mikro-BT ile görüntülenen sızıntı



Şekil 2.9. Kompomer bitirme+disk uygulanmış grubunda Mikro-BT ile görüntülenen sızıntı

2.7. Yüzey Pürüzlülüğü ve Mikrosertlik Değerlendirmesi için Örneklerin Hazırlanması

Deneyde kullanılacak örneklerin hazırlanması için 9 mm çap ve 3 mm yüksekliğinde teflon kalıplar kullanılmıştır (Şekil 2.10). Teflon kalıbın alt yüzeyini kapatmak için boşlukları tam örtüleyecek şekilde şeffaf bant (Universal strips, Extra Dental, İstanbul, Türkiye) yerleştirilmiş ve siman camı üzerine teflon kalıp sabitlenerek dolgunun yerleştirileceği alan oluşturulmuştur. Dolgu materyalleri ağız spatülü kullanılarak kalıba taşındıktan sonra dolgu materyali üzerine şeffaf bant ve siman camı yerleştirilmiştir. Bu sırada hafif parmak baskısı uygulanarak fazla materyalin taşması ve düzgün bir yüzey elde edilmesi sağlanmıştır. Tüm örnekler; 1500 mW/cm² gücünde LED (Light Emitting Diode, Raddi plus, SDI, Australia) ile her iki yüzünden 20'şer sn ışık uygulanarak toplam 40 sn süreyle standart olarak polimerize edilmiştir. Hazırlanan toplam 90 örnek (Kompomer:45, Bulk-fill kompozit: 45) mikrosızıntı testindeki gibi 6 alt gruba rastgele olarak ayrılmış ve tüm örnekler bitirme ve polisaj uygulamalarının ardından 24 saat boyunca 37°C'de karanlık bir etüvde bekletilmiştir.

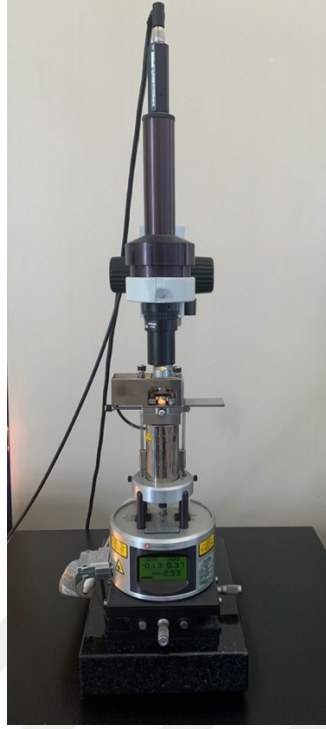


Şekil 2.10. Dolgu örneklerinin hazırlanması için kullanılan teflon kalıp ve dolgu örnekleri

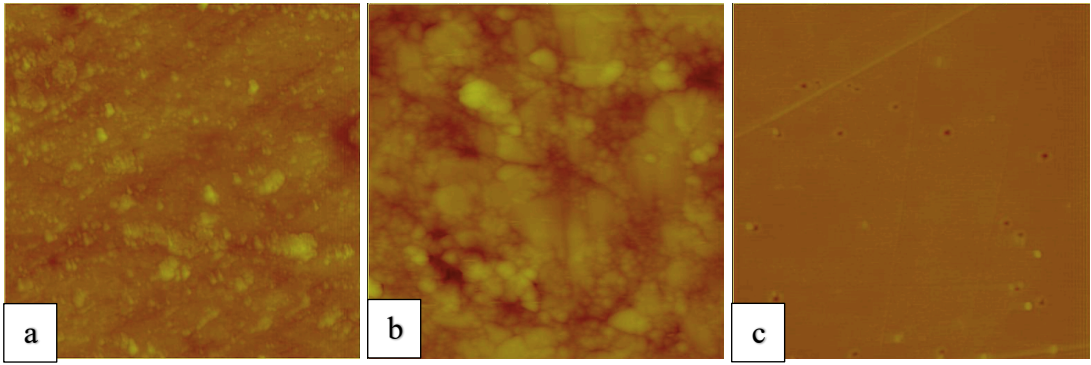
2.8. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) ile Yüzey Pürüzlülüğü Değerlendirmesi

Örneklerin yüzey pürüzlülüğünün ölçümü için Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarı'nda bulunan Atomik Kuvvet Mikroskobu (Veeco Multimode 8, Mannheim, Almanya) ve Nanoscope 3D (Veeco, Mannheim, Almanya) programı kullanılmıştır (Şekil 2.11).

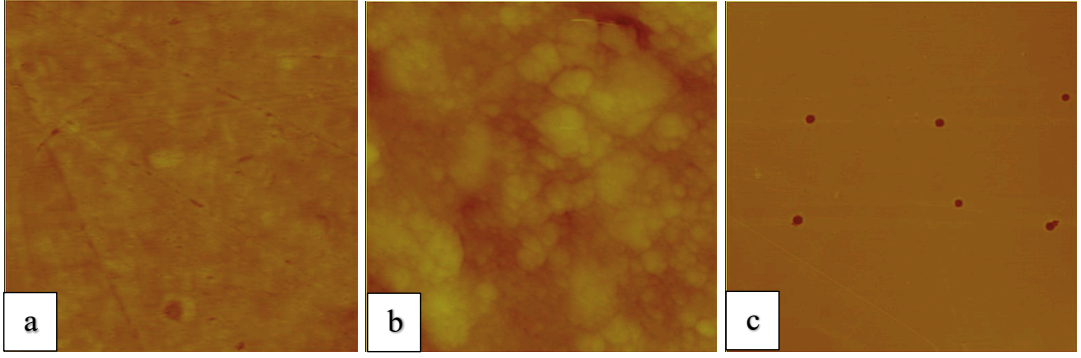
Yüzey pürüzlülüğünü ölçmek amacı ile dolgu örnekleri özel bir silindire yapıştırılarak cihazın içerisine yerleştirilmiştir. Yüzeyi altın kaplamalı, piramidal NSGO1 silikon uç kullanılarak yüzey pürüzlülüğü ölçümleri 1,0 Hz tarama hızında, tapping yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. 10x10 μm^2 'lik alanlar taranmıştır (Şekil 2.12, Şekil 2.13). Dolgu örneklerinin ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri saptanmıştır. AFM ölçümleri her bir dolgu örneği için iki defa yapılmış ve elde edilen verilerin ortalaması alınarak Ra değeri elde edilmiştir.



Şekil 2.11. AFM Cihazı



Şekil 2.12. a) Negatif kontrol grubuna ait kompomer restorasyonun AFM ile elde edilen yüzey görüntüsü b) Pozitif kontrol grubuna ait kompomer restorasyonun AFM ile elde edilen yüzey görüntüsü c) Çalışma grubuna ait kompomer restorasyonun AFM ile elde edilen yüzey görüntüsü



Şekil 2.13. a) Negatif kontrol grubuna ait bulk-fill kompozit restorasyonun AFM ile elde edilen yüzey görüntüsü **b)** Pozitif kontrol grubuna ait bulk-fill kompozit restorasyonun AFM ile elde edilen yüzey görüntüsü **c)** Çalışma grubuna ait bulk-fill kompozit restorasyonun AFM ile elde edilen yüzey görüntüsü

2.9. Vickers Yöntemi ile Mikrosertlik Değerlendirmesi

Örneklerin mikrosertliğinin ölçümü Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezinde bulunan, Emco Test Duroscan Mikrosertlik Ölçüm cihazı (Stuers Corp., Japonya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.14).

Restoratif materyallerin mikrosertlik ölçümü için; 15 sn. boyunca 100 g yük uygulanarak, cihazda bulunan ve tepe açısı 136° olan kare tabanlı piramit şekilli uç ile bir iz oluşturulmuştur. Oluşan kare şeklindeki iz, cihaza bağlı olan bilgisayar aracılığı ile mikroskoptan ölçme ekranına aktarılmış ve takiben ölçüm yapılmıştır. Her örneğin mikrosertliği 3 değişik noktadan ölçüm yapılarak belirlenmiş ve 3 ölçümün ortalaması o örneğin mikrosertliği olarak kaydedilmiştir.



Şekil 2.14. Mikrosertlik ölçüm cihazı

2.10. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analiz

Çalışmaya ait veriler SPSS 21 paket programı aracılığı ile analiz edilmiştir. Verilerin dağılımı Shapiro-Wilk normallik testi ile değerlendirilmiştir. Verilerin normal dağılmamasından dolayı, iki gruplu karşılaştırmalarda Mann-Whitney U testi, üç ve daha fazla gruplu karşılaştırmalarda ise Kruskal-Wallis H testi kullanılmıştır. Korelasyon için Pearson ve Spearman korelasyon analizleri kullanılmıştır. Anlamlılık seviyesi olarak 0,05 kullanılmış olup, $p < 0,05$ olması durumunda anlamlı farklılığın olduğu, $p > 0,05$ olması durumunda ise anlamlı farklılığın olmadığı belirtilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Grupların Mikrosızıntı, Mikrosertlik ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Birbirleri ile Karşılaştırılması

Çalışmada 45 dişe kompomer ve 45 dişe bulk-fill kompozit rezin uygulanarak hazırlanan toplam 90 örneğin restorasyonlarına penetre olmuş AgNO_3 hacimleri (mm^3) ölçülerek sızıntı değerleri hesaplanmıştır. Sızıntı değerleri, her bir diş için saptanan AgNO_3 hacmi kavite hacmine bölünerek yüzde (%) olarak hesaplanmıştır.

Çalışmada 45 kompomer ve 45 bulk-fill kompozit rezin olmak üzere hazırlanan toplam 90 örneğin mikrosertliği 3 değişik noktadan ölçüm yapılarak belirlenmiş ve 3 ölçümün ortalaması o örneğin mikrosertliği olarak kaydedilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi için AFM ölçümleri her bir dolgu örneği için iki defa yapılmış ve elde edilen verilerin ortalaması alınarak Ra değeri elde edilmiştir.

Kompomer ve bulk-fill kompozit rezin restorasyonlarının bitirme ve polisaj işlemleri dikkate alınmadan hesaplanan mikrosızıntı, mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü değerleri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Uygulanan kompomer ve bulk-fill kompozit rezin restorasyonlarının mikrosızıntı, mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi

		Dolgu tipi								
		n	Mean	Median	Minimum	Maximum	ss	Sıra ort.	z	p
Mikrosızıntı(%)	Kompomer	45	4,54	4,50	1,10	8,50	1,70	66,19	-7,5	0,0001
	Bulk-fill kompozit	45	1,48	1,30	,70	4,60	,74	24,81		
	Total	90	3,01	2,40	,70	8,50	2,02			
Mikrosertlik	Kompomer	45	50,59	59,53	12,10	72,83	21,18	40,41	-1,8	0,065
	Bulk-fill kompozit	45	54,79	66,40	15,07	81,83	24,72	50,59		
	Total	90	52,69	63,55	12,10	81,83	22,99			
Yüzey pürüzlülüğü	Kompomer	45	21872,72	11044,50	1280,00	82844,50	24208,87	43,02	-0,9	0,368
	Bulk-fill kompozit	45	24446,17	14602,50	1816,00	93737,00	25926,42	47,98		
	Total	90	23159,44	11736,25	1280,00	93737,00	24974,58			

Kompomer grubunda sızıntı değerleri bulk-fill kompozit rezin restorasyonlara göre bitirme ve polisaj işlemleri dikkate alınmadan anlamlı derecede yüksek tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Kompomer ve bulk-fill kompozit rezin restorasyonlar bitirme ve polisaj işlemleri dikkate alınmadan mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü sonuçları açısından değerlendirildiğinde gruplar arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$).

Kompomer restorasyon grubunun kendi içindeki bitirme ve polisaj işlemlerine göre alt gruplar dikkate alınarak hesaplanan mikrosızıntı, mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü değerleri Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Kompomer uygulanan grupların kendi içinde mikrosızıntı, mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin karşılıklı olarak değerlendirilmesi

		Kompomer						Kruskal-Wallis H testi			
		n	Mean	Median	Min	Max	ss	Sıra Ort.	H	p	İkili Karşılaştırma
Mikrosızıntı(%)	Negatif Kontrol	15	5,86	5,80	3,10	8,50	1,64	32,73	13,1	0,001	3-1 3-2
	Pozitif Kontrol	15	4,14	4,10	2,10	6,80	1,26	20,17			
	Çalışma	15	3,61	4,00	1,10	6,20	1,36	16,10			
	Total	45	4,54	4,50	1,10	8,50	1,70				
Mikrosertlik	Negatif Kontrol	15	59,76	59,53	53,03	66,63	3,69	23,20	38,6	0,0001	3-1 3-2
	Pozitif Kontrol	15	69,80	70,23	65,50	72,83	2,23	37,80			
	Çalışma	15	22,23	22,20	12,10	38,20	6,60	8,00			
	Total	45	50,59	59,53	12,10	72,83	21,18				
Yüzey pürüzlülüğü	Negatif Kontrol	15	10678,33	11044,50	6404,00	18868,50	3661,88	23,00	39,1	0,0001	2-1 2-3 3-2 3-1
	Pozitif Kontrol	15	52112,30	54653,50	26490,00	82844,50	17996,66	38,00			
	Çalışma	15	2827,53	2421,00	1280,00	6309,50	1414,87	8,00			
	Total	45	21872,72	11044,50	1280,00	82844,50	24208,87				

Kompomer grubunda; bitirme+biscover uygulanan çalışma grubundaki mikrosızıntı değerlerinin, diğer iki gruba göre anlamlı derecede düşük olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Kompomer grubunda; bitirme+biscover uygulanan çalışma grubundaki mikrosertlik değerlerinin diğer iki gruba göre anlamlı derecede düşük olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Kompomer grubunda; bitirme+biscover uygulanan çalışma grubundaki yüzey pürüzlülüğü değerleri diğer iki gruba göre anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p<0,05$). Bitirme+disk uygulanan pozitif kontrol grubundaki yüzey pürüzlülüğü değerlerinin; hiçbir bitirme ve polisaj işlemi uygulanmamış negatif kontrol grubuna ve bitirme+biscover uygulanan çalışma grubuna göre anlamlı derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Bulk-fill kompozit rezin restorasyon grubunun kendi içindeki bitirme ve polisaj işlemlerine göre alt gruplar dikkate alınarak hesaplanan mikrosızıntı, mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü değerleri Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Bulk-fill kompozit rezin uygulanan grupların kendi içinde mikrosızıntı, mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin karşılıklı olarak değerlendirilmesi

		Kompozit						Kruskal-Wallis H testi			
		n	Mean	Median	Minimum	Maximum	ss	Sıra Ort.	H	p	İkili Karşılaştırma
Mikrosızıntı(%)	Negatif Kontrol	15	1,84	1,50	1,00	4,60	,95	29,67	7,2	0,027	3-1 3-2 2-1
	Pozitif Kontrol	15	1,41	1,20	,80	2,60	,57	22,47			
	Çalışma	15	1,19	1,00	,70	2,40	,50	16,87			
	Total	45	1,48	1,30	,70	4,60	,74				
Mikrosertlik	Negatif Kontrol	15	66,64	66,40	58,50	72,83	3,56	23,40	38,1	0,0001	3-1 3-2 2-1
	Pozitif Kontrol	15	76,60	76,80	69,67	81,83	3,93	37,60			
	Çalışma	15	21,14	21,13	15,07	30,27	4,36	8,00			
	Total	45	54,79	66,40	15,07	81,83	24,72				
Yüzey pürüzlülüğü	Negatif Kontrol	15	14953,53	14602,50	6804,50	32270,00	6487,11	22,87	37,1	0,0001	3-1 3-2 2-1
	Pozitif Kontrol	15	54227,70	45330,00	17750,50	93737,00	23962,93	37,67			
	Çalışma	15	4157,27	3250,50	1816,00	12562,50	2894,30	8,47			
	Total	45	24446,17	14602,50	1816,00	93737,00	25926,42				

Bulk-fill kompozit rezin grubunda; bitirme+biscover uygulanan çalışma grubundaki mikrosızıntı değerlerinin, diğer iki gruba göre anlamlı derecede düşük olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bitirme+disk uygulanan pozitif kontrol grubundaki mikrosızıntı değerlerinin, hiçbir bitirme ve polisaj işlemi uygulanmamış negatif kontrol grubuna göre anlamlı derecede düşük olduğu bulunmuştur ($p<0,05$).

Bulk-fill kompozit rezin grubunda; bitirme+biscover uygulanan çalışma grubundaki mikrosertlik değerlerinin, diğer iki gruba göre anlamlı derecede düşük olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Hiçbir bitirme ve polisaj işlemi uygulanmamış negatif kontrol grubundaki mikrosertlik değerlerinin, bitirme+disk uygulanan pozitif kontrol grubuna göre anlamlı derecede düşük olduğu bulunmuştur ($p<0,05$).

Bulk-fill kompozit rezin grubunda; bitirme+biscover uygulanan çalışma grubundaki yüzey pürüzlülüğü değerlerinin, diğer iki gruba göre anlamlı derecede düşük olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Hiçbir bitirme ve polisaj işlemi uygulanmamış negatif kontrol grubundaki yüzey pürüzlülüğü değerlerinin, bitirme+disk uygulanan pozitif kontrol grubuna göre anlamlı derecede düşük olduğu bulunmuştur ($p<0,05$).

3.2. Mikrosızıntı, Mikrosertlik ve Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümleri Arasında Korelasyon Değerlerine Ait Bulgular

Kompomer ve bulk-fill kompozit rezin restorasyonlara ait mikrosızıntı, mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü değerleri arasında bir ilişkinin olup olmadığının değerlendirilmesi Çizelge 3.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Uygulanan kompomer ve bulk-fill kompozit rezin restorasyonlara ait mikrosızıntı, mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü ölçümleri arasındaki korelasyon değerleri

		r	p
Kompomer	Mikrosızıntı(%)-Mikrosertlik	0,277	0,065
	Mikrosızıntı(%)-Yüzey pürüzlülüğü	-0,081	0,596
	Mikrosertlik-Yüzey pürüzlülüğü	0,685	0,0001
Bulk-fill Kompozit	Mikrosızıntı(%)-Mikrosertlik	0,221	0,144
	Mikrosızıntı(%)-Yüzey pürüzlülüğü	-0,004	0,977
	Mikrosertlik-Yüzey pürüzlülüğü	0,645	0,0001
Genel	Mikrosertlik-Yüzey pürüzlülüğü	0,867	0,0001

Kompomer grubunda; mikrosertlik değerleri ile yüzey pürüzlülüğü değerleri arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir ($p<0,05$; $r=0,685$). Mikrosertlik değerleri arttıkça yüzey pürüzlülüğü değerleri de artmaktadır.

Bulk-fill kompozit rezin grubunda; mikrosertlik değerleri ile yüzey pürüzlülüğü değerleri arasında anlamlı bir ilişki görülmektedir ($p<0,05$; $r=0,645$). Mikrosertlik değerleri arttıkça yüzey pürüzlülüğü değerleri de artmaktadır.

Grup ayırımı yapmadan bakıldığında; mikrosertlik değerleri ile yüzey pürüzlülüğü değerleri arasında anlamlı bir ilişki görülmektedir ($p<0,05$; $r=0,867$). Mikrosertlik değerleri arttıkça yüzey pürüzlülüğü değerleri de artmaktadır.



4. TARTIŞMA

Çocukların ağız ve diş sağlığının korunmasında koruyucu uygulamaların gelişmesi ve yaygınlaşmasına rağmen diş çürükleri hala çocukluk döneminin önemli hastalıklarından biridir (Bedi ve ark. 2000). Gelişmiş ülkelerde karyojenik gıda tüketiminin kontrollü olması, ağız bakımına öncelik verilmesi, oral hijyen eğitimi, florürlü diş macunları ve topikal florür uygulamaları gibi faktörlerle diş çürüklerinin önemli oranda azaldığı görülmektedir (Haugejorden 1996, Szöke ve Petersen 2000). Gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde ise diş çürükleri hala toplumda yaygın olarak görülen bir problemidir. Bu ülkelerdeki ekonomik değişimler, sağlık politikalarında koruyucu uygulamalara öncelik verilememesi, toplumun ağız-diş sağlığı konusunda eğitilmemesi ve sadece ağrısı olduğu zaman diş hekimine gidilmesi diş çürüğünün yaygın olarak görülmesine sebep olmuştur (Brindle ve ark. 2000, Özer ve ark. 2003, Szöke ve Petersen 2000).

Ülkemizde de çocuklarda görülen diş çürükleri toplum sağlığı açısından büyük bir sorun oluşturmaktadır. Türkiye’de, Dünya Sağlık Örgütü’nün önerdiği indeks yaşlardaki bireylerin dahil edildiği Türkiye Ağız-Diş Sağlığı Profili-2018 (TADSAP-2018) araştırmasına göre beş yaş çocuklarının çürüksüzlük oranı %35,6 olarak tespit edilmiştir. Türkiye’deki 5 yaş çocuklarının, DSÖ’nün bu yaş çocukları için belirlediği “en fazla %50’inde çürük olması” hedefinin çok gerisinde kaldığı saptanmıştır. Beş yaş grubu çocukların çürük prevalansı %64,4; dolgulu diş prevalansı %5,5; kayıp diş prevalansı %4,9 olarak tespit edilmiştir. Araştırmada bireylerin var olan dişlerinin tedavi gereksinimleri değerlendirilmiştir. Beş yaş grubu her üç çocuktan birinde hemen tedavi gerektiği, her on çocuktan üçünde koruyucu veya rutin tedavi gerektiği, %5,0’inde ise acil tedavi ihtiyacı olduğu saptanmıştır (TADSAP-2018).

Süt dişlerinin, alttaki daimi dişler için yer tutucu görevi görmek, çiğneme hareketleri ile çene gelişimine katkı sağlamak, çocuğun beslenmesine yardımcı olarak

büyüme ve gelişimde rol oynamak, fonasyon ve estetik işlevleri gibi önemli fonksiyonları vardır. Bu nedenle fizyolojik düşme zamanlarına kadar diş arkında korunmaları gerekmektedir (Yıldız ve ark. 2015).

Rezin restoratif materyallerdeki gelişmelerin devam etmesine rağmen halen varolan kısıtlılıklara bağlı olarak ağızda kalma süreleri kısalmaktadır. Adeziv restorasyonların başarısızlık nedeni olarak en çok bildirilen etkenler; retansiyon kaybı, yetersiz marjinal adaptasyon ya da adeziv rezin uygulamaları sırasında yapılan hatalar sonucu meydana gelen mikrosızıntıdır (Ilie ve Hickel 2011, Karaman ve Ozgun 2014). Mikrosızıntının önlenmesi için literatürde çok sayıda araştırma, test yöntemi ve bunların güvenilirlikleri ve geçerlilikleri ile ilgili birçok veri bulunmaktadır. Bu verilere dayanarak çeşitli klinik uygulamalar yapılmaktadır. Rebonding (yüzey örtücü) uygulaması da bu klinik uygulamalardan biridir. Rebonding ajanlar, restoratif materyallerin mekanik özelliklerini korumak veya iyileştirmek ve mikrosızıntıyı önlemek için geliştirilmiştir. Restorasyonların uzun ömürlü olmasını sağlamak için yüzey örtücü uygulanması önerilmektedir (Bayne ve ark. 1994, dos Santos ve ark. 2003, dos Santos ve ark. 2007, Lee ve Powers 2007, Özalp ve ark. 2004). Rebonding ajanlar, kompozit rezin restorasyonları için pürüzsüz, sızdırmaz bir yüzey sağlayan düşük miktarda doldurucu partikülü içeren düşük viskoziteli, ışıkla polimerize olan rezin formülasyonlarıdır (Chung 1994, Güler ve ark. 2005, Sen ve ark. 2002). Yüzeye nüfuz eden bu ajanlar; yüzey pürüzsüzlüğünü korumak, aşınma direncini ve restorasyonun marjinal sızdırmazlığını iyileştirmek için yapısal mikro kusurların ve mikro çatlakların kapiller hareketle doldurulmasını sağlamak için rezin içerikli restoratif materyallerin yüzeyine uygulanır (Dickinson ve ark. 1990, Prakki ve ark. 2005, Ramos ve ark. 2000). Ancak rebonding uygulamasının süt dişi restorasyonlarında kullanımı ile ilgili kısıtlı çalışma vardır (Özalp ve ark. 2004, Uzel 2012). Literatür incelendiğinde süt dişlerinde rebonding uygulamasının restoratif materyal başarısına etki edebilecek faktörler olan mikrosızıntı, yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertlik üzerine etkilerini birarada inceleyen araştırmaya ise rastlanmamıştır. Bu nedenle, bu tez çalışmasında in vitro koşullarda uygulanan süt dişi rezin

restorasyonlarda rebonding uygulamasının etkinliğini konvansiyonel bitirme ve polisaj işlemleriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirmek amaçlanmıştır.

Çocuklarda görülen çürük insidansının yüksek olması restoratif diş tedavilerinin sıklıkla uygulanmasına sebep olmaktadır. Süt dişlerinin fizyolojik düşme zamanına kadar ağızda kalması gerekliliği göz önüne alındığında, süt dişlerinde restorasyon yaparken dişlerin uzun dönem prognozlarını koruyacak restoratif materyaller kullanılmalıdır (AAPD 2016, Tinanoff ve ark. 2019). Kompomerler süt dişlerinde sıklıkla tercih edilen restoratif materyallerdir. Kompomerlerin yapısı, %30 cam iyonomer siman ve %70 kompozit rezinden oluşmaktadır (Nicholson 2007). Bu sebeple, kompomerlerin fiziksel ve mekanik özellikleri kompozit rezinler ile cam iyonomer simanların arasındadır, ancak kompozit rezinlere daha yakındır (Hickel ve ark. 1998, Jackson ve Morgan 2000). Kompomerler, CİS'lerin diş dokusuna adezyon ve F salımı özellikleri ile rezin kompozitlerin estetik özelliklerine sahiptir. Kompomerlerin, yapılarına ilave edilen rezin içeriği sebebiyle dayanıklılığı, aşınmaya karşı dirençleri geleneksel cam iyonomer simanlara oranla artmıştır (Yoonis ve Kukletová 2009). Flor salımı yapabilmeleri, kompozite benzeyen estetik özellikleri, ışıkla sertleşmeleri, kaviteye uygulanmalarının fazla aşama gerektirmemesi ve asit uygulaması gerektirmemesi gibi özellikleri günümüzde kompomerleri süt dişleri için en çok tercih edilen restoratif materyallerden biri haline getirmiştir (AAPD 2019, Dhar ve ark. 2015). Bu nedenle, çalışmamızda kullanılan restoratif materyallerden biri kompomer (Dentsply DeTrey, Konstanz, Almanya) olarak seçilmiştir.

Son zamanlarda geliştirilen ve çocuk diş hekimliği kliniğinde kullanım alanı bulan diğer bir restoratif materyal ise bulk-fill kompozitlerdir. Bulk-fill kompozit rezinler 4-5 mm'ye kadar tek tabaka halinde yerleştirilebilen kompozitlerdir. Bulk-fill kompozitler düşük viskoziteli (akışkan) veya yüksek viskoziteli (kondanse edilebilir) olarak sınıflandırılmaktadırlar (Chesterman ve ark. 2017, Kim ve ark. 2015). Bulk-fill kompozit rezinlerde doldurucu partiküllerin boyutları büyütülerek doldurucu matriks ara yüzeyi azaltılmıştır. Bu sayede ışık saçılımı azaltılarak, kompozit rezinin

polimerizasyon derinliği arttırılmaya çalışılmıştır. Bulk-fill kompozit rezinlerin translüsensisini arttırarak veya rezin matriks içerisinde farklı fotoaktif başlatıcılar kullanarak polimerizasyon derinliğini iyileştirmeye çalışılmıştır (Aydın ve ark. 2019, Karadaş ve Demirbuğa 2017). Bunun için en basit yöntem translusent doldurucu partiküllerin oranını arttırmaktır (Lee 2008). İçerdikleri, yiterbiyum triflorid, baryum alüminyum silikat cam, zirkonyum silika partiküller sayesinde translsensileri arttırılarak ışık cihazının polimerize edici etkisinin daha derinlere ulaşması sağlanmaktadır (Ilie ve ark. 2013). Akah ve ark. (2016) bulk-fill kompozitlerin, geleneksel kompozitlerin polimerizasyon büzülmesiyle ilgili problemlerini aşarak; aynı zamanda geleneksel kompozitler kadar dentine güçlü bağlanma sağladıklarını ve bu nedenle özellikle derin kavitelerde başarıyla kullanılabileceklerini belirtmiştir.

Tabakalar halinde yerleştirilen (incremental) geleneksel kompozitlerde tabakalar arasında hava kabarcığı kalması, iki tabakanın birbirine bağlanmaması ve uzun çalışma süresi gibi dezavantajlar bulunmaktadır. Bulk-fill kompozit rezinlerin avantajları; 4-5 mm kalınlıkta, tek tabaka halinde yerleştirilebilmeleri, düşük polimerizasyon büzülmesi göstermeleri, klinik çalışma süresinin kısalması sayesinde hekime uygulama kolaylığı sağlaması, kompozit tabakasının adaptasyonunun daha iyi sağlanarak, tabakalar arasında boşluk oluşmaması, çiğneme kuvvetlerine karşı aşınma direncinin yeterli olması, yeterli radyoopasite, iyi polisajlanabilirlik ve estetik özellikler göstermesidir (Abbas ve ark. 2003, El-Damanhoury ve Platt 2014). Kompomer ve bulk-fill kompozit materyallerinin sitotoksisitelerini araştıran bir çalışmada, bulk-fill kompozitin kompomere göre daha biyouyumlu olduğu bulunmuştur (imen 2020). Bulk-fill kompozit rezinlerin bu avantajları göz önüne alındığında, uzun süre ağızda kalması planlanan süt dişlerinin restorasyonunda kompomere alternatif bir rezin restoratif materyal olarak çalışmamızda kullanılmıştır. Bu nedenle, çalışmamızda diğer bir süt dişi retoratif ajan olarak kompomere benzer kondanse edilme özellikleri olan bir bulk-fill kompozit (Filtek™ 3M ESPE GmbH, Seefeld, Almanya) seçilmiştir.

Yapılan in-vitro çalışmalar incelendiğinde rebonding ajan olarak Palaseal, Optiglaze, BisCover, Fortify Plus, Lasting Touch, Fill Glaze, Optiguard gibi farklı materyallerin kullanıldığı gözlemlenmiştir (Dede ve ark. 2016, Ersöz ve Erkli 2012, Rizzante ve ark. 2019, Sadeghi ve ark. 2013, Tekçe ve ark. 2017). Biscover LV rebonding ajanı, neme karşı esneklik ve direnç sağlayan dipentaeritritol pentaakrilat içermesi ile yapılan çalışmalarda yüksek performans göstermiştir. (Dede ve ark. 2016, Ersöz ve Erkli 2012, Gürbüz ve ark. 2020, Rizzante ve ark. 2019, Saygı ve ark. 2015, Sirin ve ark. 2013, Urquia ve ark. 2017). Bu sebeple çalışmamızda rebonding ajan olarak Biscover LV (Bisco Inc., Schaumburg, IL, Amerika) kullanılmıştır.

Mikrosızıntı sonucunda restorasyon marjinlerinde renkleşme, post-operatif hassasiyet, sekonder çürük, dişeti iltihabı ve pulpa irritasyonu gibi istenmeyen durumlar meydana gelmektedir (Déjou ve ark. 1996, Gwinnett ve ark. 1995). Bu nedenle restorasyon prognozunun iyileştirilmesi amacıyla mikrosızıntıyı en aza indirecek uygulamalar ve ajanlar diş hekimliğinde önem kazanmıştır (Lee ve Powers 2007, Özalp ve ark. 2004). Bu amaçla, bu çalışmada, mikrosızıntıyı azaltan bir uygulama olarak tanıtılan rebonding uygulamasının süt diş restorasyonlarındaki mikrosızıntıya etkisi araştırılmıştır.

Mikrosızıntı alışmaları in-vivo ya da in-vitro olarak yapılabilmektedir. Diş hekimliğinde yeni bir materyalin klinik başarısını değerlendirmek için yapılan in-vivo çalışmalar, materyalin ağız ortamında değerlendirilmesine olanak sağlamakla beraber uzun zaman gerektiren, maliyeti yüksek ve standardizasyonu zor çalışmalardır (Kaya 2014, Moll ve ark. 2004, Yazıcı ve ark. 2006). İn-vivo çalışmalarda ağız ortamında bulunan çok sayıdaki değerşken sebebiyle, değerlendirilen materyalle ilgili bir başarısızlık durumunda, başarısızlığın gerçek nedeninin belirlenmesi oldukça güç olabilmektedir. İn-vitro çalışmalarda ağız ortamı ve kişiye bağlı değerşkenler gibi etkenler olmadığından, yüksek düzeyde standardizasyon sağlanabilir. Ayrıca in-vitro çalışmalarda uygulanan testlerin kolay, hızlı ve ekonomik olması gibi avantajları da vardır (Hatibovic-Kofman ve ark. 2008, Van Meerbeek ve ark. 2003).

İn-vitro koşullarda yapılan çalışmalar incelendiğinde, kullanılan dişlerin çalışma zamanına kadar saklandığı ortam ile ilgili farklı uygulamaların mevcut olduğu gözlemlenmiştir. Çekilmiş dişler kan yoluyla bulaşan patojenler için potansiyel bir kaynak olarak düşünülmelidir ve bu nedenle enfeksiyonun yayılmasını önlemek için çekilen dişler dekontamine edilmelidir. Dişlerin saklandığı ortam ve dezenfeksiyon/sterilizasyon işlemleri dişleri sadece patojenden arındırmakla kalmayıp aynı zamanda dişlerin mine veya dentin yapılarını değiştirmeyen özellikte olmalıdır (Sandhu ve ark. 2012). Çekilmiş dişlerinin dezenfeksiyonu/sterilizasyonu için değişken sonuçlarla çeşitli ajanlar denenmiştir. Bu ajanlar formalin, sodyum hipoklorit, glutaraldehit ve timoldür (Pantera ve Schuster 1990). Sodyum hipokloritin deproteinizasyon yoluyla mine gözenekliliğini artırabileceği ve protein matriksi kaldırarak veya değiştirerek dentin yapısını değiştirebileceği ve bu solüsyonda saklanan dişlerin kullanımını geçersiz kılabileceği bildirilmiştir (Mcguckin ve Pashley 1990, Moura ve ark. 2004). Yapılan bir çalışmada, saklama ortamının ve sterilizasyonun dentine bağlanma kuvveti üzerindeki etkisi değerlendirilmiş ve dişleri %5,25 sodyum hipoklorit içinde saklamanın kompozit-dentin bağlanma gücünü olumsuz etkileyebileceği tespit edilmiştir (Lee ve ark. 2007). Çalışmamızda örnekler çalışma zamanına kadar dehidratasyonu önlemek amacıyla %0,9 steril salin solüsyonunda saklanmıştır (Farahanny ve ark. 2019, Szabo ve ark. 2019).

Kavite şeklinin mikrosızıntıyı etkilediği yapılan çalışmalarda gözlenmiştir (Raskin ve ark. 2001, Türkün ve Ergücü 2004). Yapılan araştırmalar incelendiğinde; boya sızıntısı testi için sıklıkla sınıf I, sınıf II ve farklı boyutlarda sınıf V kaviteler kullanıldığı tespit edilmiştir (Bajabaa ve ark. 2021, Hepdeniz ve Ermis 2019, Kalmowicz ve ark. 2015, Mazumdar ve ark. 2019). Literatür incelendiğinde en sık U şeklinde sınıf V kaviteler açıldığı gözlemlenmiştir (Arslan ve ark. 2020, Özalp ve ark. 2004, Türkün ve Ergücü 2004). Çalışmamızda Arslan ve ark. (2020)'nın çalışmasına benzer olarak dişlerin bukkal yüzeylerine standart sınıf V kaviteler (3 mm uzunlukta x 2 mm genişlikte x 1,5 mm derinlikte) su soğutması altında hazırlanmıştır.

Kompozitler için reaksiyona girmeyen komponentlerin yapıdan uzaklaşmasının ve post polimerizasyon sertleşmesinin tamamlanması, kompozitler için ise florosilikat cam ve iyonize poliakrilik asitin asit-baz reaksiyonunun stabilize olarak olgunlaşmasının sağlanması için dolgu materyallerinin deneyler öncesinde distile su veya yapay tükürük gibi farklı ortamlarda ve birbirinden farklı sürelerde bekletildiği tespit edilmiştir (Ayna ve ark. 2018, Badra ve ark. 2005, Ökte ve ark. 2006, Sönmez ve ark. 2008). Mayworm ve ark. (2008)'nın yaptıkları çalışmada deney öncesi yapay tükürükte bekletilen örneklerin, tükürüğün yapısında bulunan bileşenleri absorbe etmesi sebebiyle kompozit yüzey sertliğinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu sebeple çalışmamızda polimerizasyonu tamamlanan örnekler deneylerden önce 37 °C distile su içerisinde karanlık bir etüvde 24 saat süre ile bekletilmiştir (Dede ve ark. 2016, Demirci ve ark. 2013, Gürbüz ve ark. 2020, Özalp ve ark. 2004).

Günümüze kadar, mikrosızıntıyı değerlendirmek için birçok farklı teknik geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Bunlar boyar madde penetrasyonu, radyoaktif izotoplar, konfokal lazer tarama mikroskopisi, hava basıncı, bakteriyel aktivite, nötron aktivasyon analizi, taramalı elektron mikroskopu ve mikro-BT'dir. (Ayyıldız ve ark. 2009, Bonilla ve ark. 2012, Öztürk ve ark. 2016). Yapılan çalışmalar incelendiğinde; hızlı ve direkt ölçüm sağlamaları, ucuz olmaları, kimyasal reaksiyona ve radyasyona gerek duymamaları gibi avantajlara sahip olması nedeniyle boya penetrasyon yöntemi en sık kullanılan mikrosızıntı tespit yöntemidir (Araujo ve ark. 2006, Basker ve ark. 2001). Bu yöntemin dezavantajları ise; ara yüz boyunca meydana gelen üç boyutlu mikrosızıntının iki boyutlu olarak ölçülmesidir ve sızıntının yoğunluğundaki farklılaşmaların belirlenememesidir. Değerlendirme sadece kesit alınan düzlemde gerçekleştirilir ve bu durum yanlış sonuçlara neden olabilir. Ayrıca, puan tanımları ve kullanılan ölçek, çalışmalar arasında farklılık göstermekte ve bunlardan elde edilen sonuçların karşılaştırılabilir olmamasına neden olmaktadır (Ayyıldız ve ark. 2009, Carrera ve ark. 2015).

Yapılan mikrosızıntı çalışmalarında sıklıkla kullanılan boyalar; metilen mavisi (%0.2-2), bazik fuksin (%0.5- 2), florosan (%2-20), kristal viyole (%0.05), anilin

mavisi (%2), gümüş nitrat (%50), toluidin mavisi (%0.25), eritrosin (%2) ve Rodamin B (%0.2)'dir (Ayyıldız ve ark. 2009). Günümüze kadar yapılan çalışmalarda, mikrosızıntı testi için en uygun boya ajanının hangisi olduğu konusunda fikir birliğine varılamamıştır. Bazı fuksin gibi boyalar, dentin ile reaksiyona girebildiği için yalancı pozitif sonuçlara neden olabilmektedir. Boya penetrasyon yöntemleri ile ilgili diğer önemli bir husus, kullanılan boyanın testin güvenilirliğini etkileyebilecek parçacık boyutudur. Boya penetrasyon yönteminde dentin geçirgenliği önemli bir faktördür ve bu sebeple boya partiküllerinin çapının dentin tübüllerin çapından daha büyük olması istenmektedir. Sızıntı çalışmalarında dentine boyanın penetrasyonu ile kavite duvarı ve restorasyon materyali arasındaki boşluğun boyanması ayırt edilebilmelidir (Alani ve Toh 1997, Fusayama ve Terachima 1972, Karadağ 2005, Taylor ve Lynch 1992, Yavuz ve ark. 2013). Wu ve Cobb (1981) bu amaçla gümüş nitrat kullanımını önermiştir. Bunun nedeni, gümüş parçacıklarının güçlü optik kontrastının mikroskop kullanılarak kolayca tespit edilebiliyor olmasıdır. Gümüş nitrat boyası, son derece küçük çapı (0.059 nm) nedeniyle arayüz bölgesine kolayca nüfuz ettiğinden günümüzde sızıntı değerlendirmesi için en yaygın kullanılan malzemedir (AlHabdan 2017, Aydın ve ark. 2020, Fernando ve Montes 2004).

Son yıllarda rezin restoratif materyallerdeki, marjinal adaptasyonu ve mikrosızıntıyı değerlendirmek için mikro-bilgisayarlı tomografi kullanılmaktadır. Mikro-BT ile tüm restorasyonun ve çevresindeki dokuların 3 boyutlu görüntüsü oluşturulabilir (Demirel ve ark. 2021, Jacker-Guhr ve ark. 2016, Sun ve Lin-Gibson 2008). Nguyen (2007), %50 gümüş nitrat çözeltisinin, mikro-BT çalışmalarında kullanılmak üzere kimyasal olarak son derece aktif, başarılı ve faydalı bir formül olduğunu belirtmiştir. Gümüş iyonları, rezin-dentin arayüzüne çökdikleri ve x-ışını ile görüntülenebilen metalik gümüş inklüzyonları oluşturdukları için küçük boşluklara sızabilir ve mikro-BT ile görüntülenebilir. Mikro-BT, artefaktların ortadan kaldırılması nedeniyle nesnel veriler sağlayan tahribatsız bir analitik yöntemdir. Örnekler hem nicel hem de nitel olarak incelenebilir, yani hacimler özel yazılımlarla hesaplanabilirken, belirli ayrıntılar görsel görüntü analizi ile lokalize edilebilir. Bu teknoloji, restoratif materyalleri, boşlukları ve diş yapılarını yüksek doğruluk ve

uzaysal çözünürlükle ayırt etme yeteneğine sahiptir (Demirel ve ark. 2019, Hirata ve ark. 2018). Eden ve ark. (2008) mikro-BT kullanılarak süt azı dişlerinde self-etch adeziv uygulanmış Sınıf II kompozit rezin restorasyonların marjinal sızıntı değerlendirmesini yaptıkları çalışmada, mikro-BT'nin marjinal sızıntıyı ölçecek standart bir yöntem geliştirmek için kullanılabileceği sonucuna varmışlardır. %50 gümüş nitrata 4 saatlik daldırma ile birlikte, restorasyon-diş arayüzü boyunca marjinal sızıntı doğru ve güvenilir bir şekilde ölçülmüştür. Bu bilgilerin ışığında; çalışmamızda mikrosızıntıyı değerlendirmek için gümüş nitrat tuzları ve mikro-BT kullanılmıştır.

Yapılan in vitro çalışmalar incelendiğinde, %50 gümüş nitrat solüsyonunda örneklerin farklı sürelerde bekletildiği görülmektedir. Li ve ark. (2003) %50 gümüş nitrat solüsyonunun asidik pH'ı (3,4-4,5) sebebiyle örneklerin 24 saat gibi uzun bir süre bekletilmesi dentinde harabiyete ve dolayısıyla sonuçlarda yanılığa sebep olabildiği sonucuna varmışlardır. Chen ve ark. (2009) örneklerin gümüş nitrat solüsyonunda genel kullanıma göre daha kısa sürelerde tutulmasının yeterli olduğunu belirterek Eden ve ark. (2008)'da yaptığı çalışmanın sonuçlarını desteklemiştir. Bu nedenlerle çalışmamızda, %50'lik gümüş nitrat solüsyonunda örneklerin 12 saat bekletilmesi uygun görülmüştür. Sızıntı çalışmalarında, gümüş nitrat boyası kullanıldığında, değerlendirici tarafından saptanabilmesi için örnekler fotoğraf geliştirici solüsyonda tutulmalıdır. Çalışmamızda Arslan ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmaya benzer şekilde örnekler gümüş nitrat uygulamasının ardından 8 saat süreyle fotoğraf geliştirici solüsyonda bekletilmiştir.

Kompozit materyalin kavite sınıfı, lokalizasyonu ve tipi ne olursa olsun, kompozit rezin restorasyonların estetiğini ve ağızda kalma süresini belirlediği için pürüzsüz bir yüzey kalitesi klinik olarak önemlidir (Yap ve ark. 2004). Restorasyonların uygun şekilde bitirilmesi sadece estetik için değil, aynı zamanda plak tutulmasını önleyerek ağız sağlığının iyileşmesi için de istenir (Yap ve ark. 2000). Restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğü ağız dokularında mikro travmaya neden olabilir ve mikroorganizmaların tutunmasını artırabilir, böylece doku yaralanmalarına

ve olası ağız hastalıklarına doğrudan veya dolaylı olarak katkıda bulunabilir (Abuzar ve ark. 2010, Chatzivasileiou ve ark. 2013, Gürbüz ve ark. 2020). Bu nedenle, pürüzsüz bir yüzey bitimi, mikroorganizma tutulumunu ve plak birikimini azaltarak iyi bir ağız sağlığını korumak ve ayrıca iyi bir estetik görünüm ve daha az tekrarlayan çürükler ve dişeti tahrişleri için önemlidir (Korkmaz ve ark. 2008, Sarıkaya ve Güler 2010). Ayrıca, 0,2 µm eşiğin üzerindeki ortalama yüzey pürüzlülüğünün (Ra) bakterilerin kolonizasyonunu ve kompozit yüzeyine adezyonunu artırdığı bildirilmiştir (Bollen ve ark. 1997). Kompozit rezinin yüzey pürüzlülüğü genellikle dolgu partiküllerinin boyutu, sertliği ve miktarı, malzemenin esnekliği ve aşındırıcının sertliği ve tanecik boyutu ile belirlenir (Reis ve ark. 2002).

Literatür incelendiğinde rezin restoratif materyallerin şeffaf bant altında polimerize edilmeleri sonucu en pürüzsüz yüzeylerin elde edildiği gözlenmiştir (Setcos ve ark. 1999, Yap ve ark. 2002, Yap ve ark. 2004). Bu uygulama hem düz bir yüzey elde edilmesini sağlayarak mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin hatasız ölçülmesine yardımcı olmakta hem de bitirme-polisaj işlemlerinden kaynaklanan hataların azaltılmasını sağlamaktadır (Gordan ve ark. 2003). Bu nedenle çalışmamızda düzgün bir yüzey elde edilebilmesi için dolgu örneklerinin alt ve üst yüzeylerine şeffaf bantlar yerleştirilmiş ve örnekler iki cam arasında sıkıştırılarak polimerize edilmiştir (Dede ve ark. 2016, Gürbüz ve ark. 2020, Korkmaz ve ark. 2008, Mota ve ark. 2014).

Rezin restoratif materyal üzerine şeffaf bant yerleştirilmesinin her zaman mümkün olamaması ve bandın düzgün yerleştirilememesi sonucu oluşan fazlalıkların alınması gerekliliği sebebiyle restorasyonun yeniden şekillendirilmesi klinik başarı açısından önemli bir aşamadır (St-Georges ve ark. 2005, Yap ve ark. 2002, Yap ve ark. 2000, Yap ve ark. 2003). Ayrıca, rezin restoratif materyallerin polimerizasyonu sırasında meydana gelen serbest radikallerin havadaki oksijen ile birleşmesi sonucu; ‘oksijen inhibisyon tabakası’olarak belirtilen, rezin bakımından zengin, fiziksel, mekanik ve biyolojik özellikler açısından zayıf bir tabaka oluşmaktadır.

Polimerizasyonu tamamlanan rezin restorasyonun yüzeyi pürüzsüz olsa bile oksijen inhibisyon tabakasını kaldırmak için bitirme ve polisaj işlemlerinin uygulanması gerekmektedir (Aydın ve Özalp 2021, Aytac ve ark. 2016, Doğan ve ark. 2021, Morgan 2004, Ryba ve ark. 2002). Aksi takdirde yüzeyde sistemik dolaşıma katılabilecek artık monomerler kalmaktadır (Bezgin ve ark. 2021).

Bitirme işlemi, ideal anatomiye elde etmek için restorasyonun büyük oranda şekillendirilmesi ve küçültülmesidir (Schmidlin ve Gohring 2004, Yap ve ark. 2000). Parlatma işlemi ise, bitirme işleminin yüzeyde oluşturduğu pürüzlerin ve çiziklerin azaltılması ve restorasyona mine benzeri bir parlaklık kazandırılması için uygulanır (Türkün ve Türkün 2004, Reis ve ark. 2002, Sarac ve ark. 2006). Resin restoratif materyallerin bitirme ve polisaj işlemleri için genellikle kullanılan aletler, karbid frezler (8, 12, 16, and 30 bıçaklı), 25-50 µm elmas frezler, taşlar, aşındırıcı partiküller içeren lastikler, diskler, bantlar, fırçalar ve polisaj patlarıdır (Aydın ve Özalp 2021, Aytac ve ark. 2016, Jung ve ark. 2007, Özgünaltay ve ark. 2003, Reis ve ark. 2002). Literatür incelendiğinde bitirme ve polisaj işlemleri için alüminyum oksit partikülleri içeren kademeli olarak incelen disklerin sıklıkla tercih edildiği görülmüş ve birçok restoratif materyal için en pürüzsüz yüzeylerin elde edildiği belirtilmiştir (Aytac ve ark. 2016, Hoelscher ve ark. 1998, Hondrum ve Fernández 1997, Jefferies 2007, Yap ve ark. 1997). Disk sistemlerinin şekilleri nedeniyle, ön dişlerin lingual yüzeyleri veya arka dişlerin okluzal yüzeyleri gibi iç- bükey yüzeylerin ve anatomik yapıların bitirme ve polisaj işlemlerinde kullanımı sınırlıdır (Özgünaltay ve ark. 2003, Uçtaşı ve ark. 2007). Ayrıca yapılan çalışmalarda restorasyonun şekillendirilmesi aşamasında bitirme frezi olarak elmas veya karbid frezlerin kullanımının önemli olduğu belirtilmiştir (St-Georges ve ark. 2005). Çalışmalarda, elmas bitirme frezlerinin restoratif materyallerin fazlalıklarının alınmasında daha etkili olmasına rağmen, yüzeyde karbid frezlerden daha fazla düzensizlik oluşturduğu belirtilmiştir (Erdemir ve ark. 2012, Gönülol ve Yılmaz 2012, Jung ve ark. 2003, Yap ve ark. 2000). Bu nedenle çalışmamızdaki kontrol grubu hariç diğer gruplara ait tüm örneklerin polisaj işlemleri öncesinde bitirme işlemi için daha az yüzey pürüzlülüğüne neden olduğu belirtilen tungsten karbid frez kullanılmıştır. Resin restoratif materyallere uygulanan

çeşitli bitirme ve polisaj işlemlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırıldığında çalışmanın sonucunda, en düzgün yüzeyin elmas veya karbid frez ile bitirme işleminden sonra Sof-Lex disk sisteminin uygulanması ile elde edildiği bildirilmiştir (Aydın ve Özalp 2021, Özgünaltay ve ark. 2003). Bu nedenle çalışmamızda, pozitif kontrol grubunda, polisaj işlemi için Sof-Lex disk sistemi kullanılmıştır.

Literatürdeki in vitro çalışmalar incelendiğinde, restoratif materyallerin yüzey pürüzlülük değerlerini ölçmek için genellikle profilometre cihazının kullanıldığı görülmektedir (Dede ve ark. 2016, Fernandes ve ark. 2020, Gürbüz ve ark. 2020, Sarac ve ark. 2006, Türkün ve Türkün 2004). Yüzey topografyası doğada üç boyutludur. Bu nedenle, 3 boyutlu yüzey topografyasının ölçümü, bir yüzeyin doğal özelliklerini temsil edebilirken, 2 boyutlu bir profilin ölçümü bunu sağlamaz. 3 boyutludan elde edilen parametreler, 2 boyutludan elde edilen profilden daha gerçekçidir. 3-D ölçüm ile elde edilebilecek bilgiler, yüzey topografyasının tam bir tanımını verir ve 2-D ölçümden daha kapsamlıdır (Kakaboura ve ark. 2007). Son yıllarda, atomik kuvvet mikroskobu (AFM), diş hekimliğinde farklı materyallerin yüzey özelliklerini incelemek için kullanılmaktadır (Batista ve ark. 2007, Botta ve ark. 2008, Da Silva ve ark. 2011, Silikas ve ark. 2005, Wilder ve ark. 2000). AFM, yüzey pürüzlülüğünün üç boyutlu ayrıntılı topografik görüntülerini nanometre çözünürlükte sağlama yeteneğine sahiptir. Bu özellikler AFM'yi dental materyallerin yüzey kalitesi değerlendirmesi için umut verici bir teknik haline getirmiştir (Giacomelli ve ark. 2010). AFM, yüksek hassasiyet ve doğruluk sunar, örnek hazırlama sırasında sabitleme ve kaplama gerektirmez (Botta ve ark. 2008, Covani ve ark. 2007, Miles ve ark. 2003). Kakaboura ve ark. (2007) AFM yönteminin, 2-D profilometre ile karşılaştırıldığında yüzey pürüzlülüğünü ayırt etme ve SEM altında incelemeye göre yüzey dokusunun ayrıntılı tanımını ortaya çıkarma konusunda daha başarılı olduğu sonucuna varmışlardır. 2 boyutlu profilometrenin 5µm elmas kalemi ile karşılaştırıldığında, 0,01µm SiN₃ uçla donatılmış AFM, daha hassas izlemelere izin vermektedir. 2 boyutlu profilometre belirli mikro düzensizliklere nüfuz edemez (Wassell ve ark. 1994) ve kaleminden daha dar olan yüzey özelliklerini gösteremez ve yüzey pürüzlülüğünün eksik tahmin edilmesine neden olabilir (Whitehead ve ark. 1999). Bu bilgiler ışığında, çalışmamızda

yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek için atomik kuvvet mikroskobu (AFM) kullanılmıştır.

Rezin esaslı restoratif materyallerin klinik başarısını artıran en önemli fiziksel özelliklerden biri yüzey sertliğidir ve restoratif materyallerin mekanik özelliklerinin belirlenmesini sağlamaktadır. Aşınmaya karşı direnci artırdığı gibi, materyalin çeşitli kuvvetler karşısında kolayca deforme olmasını önleyerek klinik başarıyı artırmaktadır (Sonugelen ve ark. 2000). Materyallerin yüzey sertliği; uzayıp genişleyebilme, şekil verilebilme özelliği, çekme ve basma dayanımı gibi özellikleriyle ilişkilidir. Bununla birlikte, materyallerin aşınma direncinin, abrazyon özelliğinin veya dental yapılar ve materyaller karşısında abraze olabilme özelliğinin belirlenmesinde de kullanılmaktadır (Deliktaş 2006, Yap ve ark. 2001). Yüzey sertliği düşük olan restoratif materyaller çizilmeye karşı daha hassastır. Restorasyon yüzeyindeki çizikler yorgunluğa karşı direnci azalttığı için restorasyonun erken dönemde başarısızlığına sebep olmaktadır (Craig 1997). Yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertlik rezin restoratif materyallerin uzun dönem klinik başarısını etkileyen özellikler olmaları sebebiyle, çalışmamızda bu iki ölçüme birden yer verilmiştir.

Yapılan in vitro çalışmalar incelendiğinde, diş hekimliğinde kullanılan dolgu materyallerinin mikrosertlik değerlerinin ölçümlerinde genellikle Vickers ve Knoop sertlik testlerinin kullanıldığı görülmektedir (Colombo ve ark. 2020, Hannig ve ark. 2007, Hwang ve ark. 2007, Mota ve ark. 2014, Poggio ve ark. 2018, Soto-Montero ve ark. 2020). Vickers sertlik testi, aynı örnek üzerinde üst yüzey, merkez ve alt yüzey gibi spesifik bölgelerin ölçümüne izin verdiğinden, yüzey özelliklerinin belirlenmesinde daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlamak ve polimerize olabilen materyallerin mikrosertliğinin değerlendirilmesinde sıklıkla tercih edilmektedir (Chang ve ark. 2013, Dietschi ve ark. 2003, Geurtsen ve ark. 1999, Türkün ve Gökay 2002). Knoop test yönteminin dezavantajı, oldukça parlak ve düz yüzey örnekleri ihtiyacı duyması ve test süresinin uzun olmasıdır (O'Brien 2002,

Robenson ve ark. 2011). Çalışmamızda da mikrosertlik ölçüm yöntemi olarak Vickers sertlik testi kullanılmıştır.

Çalışmamızda kompomer ile yapılan restorasyonların mikrosızıntı değerleri bulk-fill kompozit rezin ile yapılan restorasyonların mikrosızıntı değerlerine oranla daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuç; bulk-fill kompozit rezinin yapısına eklenmiş olan foto başlatıcı ajanlar sayesinde (Orlowski ve ark. 2015), daha düşük polimerizasyon büzülmesi göstermesi ve yüksek doldurucu oranı ile büzülme stresinin çok daha düşük olmasına bağlı olduğunu düşünmekteyiz (Aydın 2017, Cenci ve ark. 2005, Peutzfeldt ve Asmussen 2004).

Kompomer ve bulk-fill kompozit rezin gruplarında; bitirme+biscover uygulanan çalışma grubundaki mikrosızıntı değerlerinin, diğer iki gruba göre anlamlı derecede düşük olduğu tespit edilmiştir. Sakaguchi ve ark. (1992) kaplama malzemeleri ile yapılan onarım ve yenileme tedavilerinin, restorasyonların klinik ömrünü en az müdahale ile artırarak kusurlu rezin kompozit restorasyonların klinik özelliklerini iyileştirdiğini ortaya koymuşlardır. Urquia ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada amaç, kompozit restorasyonlara uygulanan yüzey örtücülerin mikrosızıntı üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Yüzey örtücü olarak Single Bond (3M/ESPE), Perma Seal (Ultradent), Heliobond (Vivadent), Biscover LV (Bisco), Bioforty (Biodinâmica) uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda; bu çalışmaya benzer şekilde marjinal bütünlüğü iyileştirmek ve mikrosızıntıyı azaltmak için rezin restorasyonların yüzeyine bir yüzey örtücü uygulamanın faydalı olacağı sonucuna varılmıştır.

Özalp ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada amaç, in vitro koşullarda, süt dişine yapılan kompomer dolguların kenarlarına uygulanan bir bağlayıcı ajanın mikrosızıntı üzerine olan etkisini değerlendirmektir. Çalışmada dişlere sınıf V kaviteler açılmış, kompomer dolgular yapıldıktan sonra dolgu kenarlarına asit uygulanmış ve bağlayıcı ajan Prompt L-Pop (3M-ESPE) dolgu kenarlarına tekrar uygulanmış ve polimerize edilmiştir. Çalışmanın sonucunda; rebonding işlemi

uygulanan ve uygulanmayan yüzeylerde mikrosızıntı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamasa da, rebonding işlemi uygulanan dolgularda mikrosızıntı değerleri daha düşük bulunmuştur.

Sadeghi ve ark. (2013)'nın yapmış olduğu çalışmada amaç; mikrohibrid, nanohibrid ve packable (kondanse edilebilir posterior kompozitler) kompozitler ile restore edilen sınıf V kavitelere yüzey sızdırmazlık maddesi veya dentin bağlayıcı ajan ile yapılan rebonding işleminin mikrosızıntıyı azaltma üzerine olan etkisini araştırmaktır. Üç gruba ayrılan örnekler mikrohbrit (Point 4), nanohibrit (Herculite XRV Ultra) ve packable (Packable Premise) kompozitler uygulanmıştır. Bitirme ve polisaj işlemi sonrası dişler tekrar rastgele üç gruba ayrılmıştır. İki gruba asit uygulamasını takiben yüzey sızdırmazlık maddesi (Optiguard) veya dentin bağlayıcı ajan (Opti Bond Solo Plus) uygulanmış, üçüncü grup kontrol grubu olarak belirlenmiş ve herhangi bir işlem uygulanmamıştır. Sonuç olarak; mikrohibrid ve packable kompozit restorasyonlar üzerine Optiguard uygulaması, servikal kenarlarda kontrol alt grubundan önemli ölçüde daha iyi sızdırmazlık sağlamıştır.

Dos Santos ve ark. (2008) rebonding tekniğinin, kompozit rezin restorasyonlarda meydana gelen mikrosızıntıyı önemli ölçüde minimize edebileceğini bildirmiştir. Ayrıca Mousavinasab ve ark. (2008) asit ve Prompt L-Pop ile PermaSeal uygulamasının marjinal sızıntıyı azaltabileceği ve marjinal bütünlüğü artırabileceği sonucuna varmışlardır.

Ramos ve ark. (2002)'nin yapmış olduğu çalışmada amaç; rebonding ajan olarak kullanılan üç düşük viskoziteli rezin sisteminin (Unibond, Single Bond ve FluorSeal) ve bir yüzey örtücünün (Fortify) sınıf V kavitelere uygulanan kompozit restorasyonlarda mikrosızıntıya olan etkisini değerlendirmektir. İstatistiksel analizde, tüm gruplarda mine kenarlarında önemli ölçüde daha az mikrosızıntı olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, kompozit restorasyonlarda bir yüzey örtücü ajan

kullanıldığında, dentin ve sement kenarlarında mikrosızıntının önemli derecede azaldığı tespit edilmiştir.

Demirci ve ark. (2013) yapmış oldukları çalışmada amaç, Sınıf V kavitelere uygulanan self-etch adezivlerin asit uygulaması, iki kat bonding uygulama süresi, iki kat bonding uygulaması ve rebonding ajan uygulaması sonrası mikrosızıntıya etkisini değerlendirmektir. Çalışmanın sonucunda, rebonding uygulamasının mine ve dentin kenarlarında mikrosızıntının azaltılmasında diğer yöntemlere göre daha etkili olduğu bulunmuştur.

Bu bilgiler ışığında; kullanılan ajandan bağımsız olarak rezin içerikli restoratif materyaller uygulandığında mikrosızıntıyı en aza indirmek için yüzey örtücü uygulanması önerilebilir.

Çalışmamızda kompomer ve bulk-fill kompozit rezin ile yapılan restorasyonlarda; bitirme+disk uygulanan pozitif kontrol grubundaki yüzey pürüzlülüğü değerlerinin; hiçbir bitirme ve polisaj işlemi uygulanmamış negatif kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksek olduğu görülmüştür. Aydın ve Özalp (2021)'in yapmış oldukları çalışmada çeşitli bitirme ve polisaj işlemlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda şeffaf bant ile hazırlanan örnekler bitirme+disk uygulanan örneklerle göre anlamlı derecede düşük yüzey pürüzlülüğü göstermiştir. Özgünaltay ve ark. (2003)'nın yapmış oldukları çalışmada bizim çalışmamıza benzer şekilde şeffaf bant ile hazırlanan örnekler bitirme+disk uygulanan örneklerle göre anlamlı derecede düşük yüzey pürüzlülüğü göstermiştir.

Rezin restoratif materyallerin organik matriks ve inorganik doldurucu tipleri, partikül boyut ve miktarları, aşındırıcıların partikül çeşidi ve büyüklüğü restorasyonun bitirme ve polisaj işlemlerini etkilemektedir. İnorganik doldurucu partiküllerin ve

organik matriksin sertliklerinin birbirlerinden farklı olması, bitirme ve polisaj işlemleri sonrasında yüzeyin pürüzlü kalmasına neden olmaktadır. Doldurucu partiküllerin sertliği organik matriksten daha fazla olduğu için bitirme ve polisaj işlemi sırasında bazı partiküller yüzeyde çıkıntı oluştururken bazıları yüzeyden ayrılarak boşluklar oluştururlar (Gedik ve ark. 2005, Ölmez ve Kisbet 2013, Saraç ve ark. 2006, Zimmerli ve ark. 2011). İdeal parlatma sistemlerindeki aşındırıcı partiküllerin sertlik değerlerinin, kullanılan restoratif materyalin içeriğinde bulunan doldurucu partikülden daha fazla olması gerektiği ve böylece rezin içerikli materyallerin doldurucu partiküllerinin ve rezin yapılarının eşit düzeyde aşındırılabilmesi belirtilmektedir (Koh ve ark. 2008). Şeffaf bant ile bitirilen restorasyon yüzeylerinin, bitirme ve polisaj uygulanmış yüzeylerden daha pürüzsüz olmasının sebebi, doldurucu içeriğinin organik matriksten fazla olmasıdır (Senawongse ve Pongprueksa 2007).

Çalışmamızda kompomer ve bulk-fill kompozit rezin ile yapılan restorasyonlarda; bitirme+biscover uygulanan çalışma grubundaki yüzey pürüzlülüğü değerleri diğer iki gruba göre anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Yapılan bir in vitro çalışmada farklı cila tekniklerinin bir universal nano-hibrit kompozitin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi araştırılmıştır. Herhangi bitirme ve polisaj işlemi uygulanmamış grup kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Diğer grupların hepsine karbit frezler ile bitirme işlemi yapıldıktan sonra sırası ile Finishing Discs, Fortify Plus ve Biscover LV uygulanmıştır. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda kontrol grubu ve Biscover LV uygulanan grup arasında anlamlı bir fark bulunmazken Finishing Discs ve Fortify Plus uygulanan grupların yüzey pürüzlülük değerleri anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Çalışmanın sonucunda; bizim çalışmamıza benzer şekilde, Biscover LV ile bitirilen restorasyon yüzeyleri en düşük pürüzlülük değerlerini göstermiştir (Ersöz ve Erkli 2012).

Rizzante ve ark. (2019)'nın yapmış olduğu in vitro çalışmanın amacı, farklı rebonding ajanların uygulanmasından önce ve sonra restorasyonların yüzey pürüzlülüğünü ve renk stabilitesini karşılaştırmaktır. Çalışmada gruplar; kontrol,

Fortify (FT), Lasting Touch (LT), Biscover (BIS) ve Fill Glaze (FG) olarak oluşturulmuştur. Örnekler bir boya solüsyonuna (kahve) daldırılmadan önce ve daldırıldıktan sonra renk stabilitesi ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda; Biscover örtücü en düşük yüzey pürüzlülüğünü ve en iyi renk stabilitesini sağlamıştır. Çalışmanın sonucunda araştırmacılar, rebonding ajanlarının mikro çatlakları ve mikro boşlukları doldurmak için başarıyla kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Neme karşı esneklik ve direnç sağlayan dipentaeritritol pentaakrilat içeren Biscover en başarılı ajan olarak tespit edilmiştir.

Küçükeşmen ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmada farklı polisaj sistemlerinin hibrit kompozitlerde yüzey temas açısı üzerine etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak en düşük yüzey temas açısını bitirme diskleri-lastik-polisaj patından oluşan set (Enhance; Prisma Gloss) ile en yüksek yüzey temas açısını ise ışıkla sertleşen rezin polisaj cılası (BisCover-LV, Bisco) ile elde ettiklerini bildirmişlerdir. Yüzey temas açısı azaldıkça bakterilerin yüzeye tutunması kolaylaşır.

Dede ve ark. (2016) yapmış oldukları in vitro çalışmada amaç, yüzey örtücülerin 4 nanohibrit kompozit rezin malzemesinin yüzey pürüzlülüğü ve renk stabilitesi üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Her nanohibrit kompozit rezin malzemesi (Z-550, Tetric EvoCeram, Clearfill Majesty, Ice) için kırk adet disk üretilmiştir ve 4 grubuna ayrılmıştır: 1, geleneksel parlatma (kontrol) ve 3, farklı yüzey örtücü (Palaseal, Optiglaze, BisCover) uygulanan grup oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda; taramalı elektron mikroskop görüntüleri, test gruplarına kıyasla geleneksel olarak cilalanmış kontrol grubunda daha pürüzlü yüzeyler elde edildiğini göstermiştir.

Gürbüz ve ark. (2020) yapmış oldukları çalışmada amaç, bir yüzey örtücünün (Biscover LV) farklı kompozitlerin yüzeyine uygulandığında, yüzey pürüzlülüğüne

etkisini değerlendirmek ve mikrosertlik değerlerini karşılaştırmaktır. Altmış disk şeklinde örnek hazırlanmış ve 6 gruba ayrılmıştır. Gruplar şu şekilde hazırlanmıştır; Grup 1 (Herculite XRV Ultra), Grup 2 (Beautifil Bulk Restoratif) ve Grup 3 (Filtek Bulk Fill Posterior Restoratif). Grup 4, 5 ve 6, grup 1, 2 ve 3'teki örneklere yüzey rtc (BisCover LV) uygulanarak hazırlanmıştır. Sonuç olarak, her bir restoratif malzeme için deney ve kontrol grupları arasında mikrosertlik ve pürüzlülük açısından önemli bir farklılık gözlenmemiştir.

Rezin restoratif materyallerin, polimerizasyonlarını olumsuz etkileyen, son katmanın polimerizasyonu sırasında oluşan oksijen inhibisyon tabakasının engellenmesi için şeffaf bant kullanılması tavsiye edilen bir uygulamadır. şeffaf bant kullanılsa dahi ortaya çıkan yüzey organik matriksten zengin ve stabil olmayan bir yapıya sahiptir (Schmitt ve ark. 2011). şeffaf bant uygulanarak, basınç altında, düz bir yzeeye karşı polimerize edilen rezin içerikli materyallerin yüzeyinde doldurucu partiküllerin azaldığı, rezin miktarının arttığı ve bunun sonucunda da mikrosertlik değerlerinin azaldığı bildirilmiştir (Quance ve ark. 2001). Bu sebeple bitirme ve polisaj işlemlerinin uygulanması materyalin kimyasal kararlılığını arttırmak, mekanik yüzey özelliklerini geliştirmek ve rezinden daha zengin olan yüzey tabakasını kaldırılmak için oldukça önem taşımaktadır (Bashetty ve Joshi 2010, Turssi ve ark. 2005).

Bulk-fill kompozit rezin grubunda, hiçbir bitirme ve polisaj işlemi uygulanmamış negatif kontrol grubundaki mikrosertlik değerlerinin, bitirme+disk uygulanan pozitif kontrol grubuna göre anlamlı derecede düşük olduğu bulunmuştur. Bitirme ve polisaj işlemleri sonrasında materyallerin en st tabakasında bulunan organik matriksten zengin olan tabakanın kaldırılmasıyla daha yüksek mikrosertlik değerlerinin elde edildiğini gösteren çalışmaların sonuçları (Aydın ve zalp 2021, Oliveira ve ark. 2010) ile çalışmamızın sonuçları benzerlik göstermektedir.

Rezin restoratif materyallerin kompozisyonları ile ilgili birçok faktörün materyallerin yüzey sertliğini etkilediği bildirilmiştir (Heintze ve ark. 2006). Doldurucu partiküllerinin miktarının (Knobloch ve ark. 2004, Leprince ve ark. 2010), boyutunun ve dağılımının, rezin restorasyonların yüzey sertliği de dahil olmak üzere belirli fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (Bucuta ve Ilie 2014, Hahnel ve ark. 2012). Ayrıca doldurucu partiküllerinin şekli ve yoğunluğu, monomer tipi ve oranı, çapraz bağlanma derecesi ve fotobaşlatıcılar gibi diğer parametrelerin de restoratif materyallerin yüzey sertliği üzerinde önemli bir etkisi vardır (Leprince ve ark. 2010, Mobarak ve ark. 2009). Rezin restoratif materyallerin sertliği ve doldurucu içeriği arasında pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Doldurucu içeriği arttıkça yüzey sertliği de artmaktadır (Braem ve ark. 1989, Chung 1990).

Çalışmamızda, kompomer ve bulk-fill kompozit rezin ile hazırlanan restorasyonlardan; bitirme+biscover uygulanan çalışma grubundaki mikrosertlik değerlerinin, diğer iki gruba göre anlamlı derecede düşük olduğu tespit edilmiştir. Tekçe ve ark. (2017) yapmış oldukları çalışmada kullanılan tüm kompozit materyallerin mikrosertlik değerlerinin, yüzey örtücü (Fortify Plus) uygulaması sonrasında azaldığı, ancak başlangıç ile karşılaştırıldığında önemli bir farkın olmadığı bildirilmiştir. Yüzey örtücü uygulaması sonrası rezin restoratif materyallerinin mikrosertlik değerlerindeki azalma, malzemelerin yüzeyindeki doldurucu miktarındaki azalma ile ilgili olabilir. Bu çalışmada kullanılan kompozitler hacimce %58-83 arasında doldurucu içerirken, Fortify Plus yüzey örtücü materyali %17,3 oranında doldurucu içermektedir. Bu çalışmada kullanılan Fortify Plus rebonding ajanının aksine Biscover LV doldurucu partikülü içermez ve bu nedenle daha düşük viskoziteye ve daha yüksek akış hızına sahiptir. Yapılan çalışmada rebonding ajan olarak Fortify Plus kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında, Biscover LV uygulanan restorasyonların mikrosertlik değerlerinin düşük olmasının sebebinin, Biscover LV rebonding ajanının doldurucu partikülü içermemesi olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışmamızda kullanılan kompomer ve bulk-fill kompozit rezin materyallerinin yüzey pürüzlülük ve mikrosertlik değerleri arasında bir korelasyon olup olmadığını incelemek amacıyla yaptığımız istatistiksel değerlendirmede bu parametreler arasında bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Mikrosertlik değerleri arttıkça yüzey pürüzlülüğü değerleri de artmaktadır. İn vitro koşullarda restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertliğinin değerlendirildiği çalışmalarda benzer şekilde bu parametreler arasında korelasyon bulunduğunu belirten araştırmacılar bulunmaktadır (Aydın ve Özalp 2021, Erdemir ve ark. 2013, Münchow ve ark. 2012). Erdemir ve ark. (2013), rezin restoratif materyaller için yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertlik arasında korelasyon değerlendirmesinde yüksek yüzey pürüzlülüğü değerlerinin yüksek mikrosertlik değerleri ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Aydın ve Özalp (2021), yaptığı çalışmada bitirme ve parlatma işlemleri sonrasında bulk-fill kompozite ait mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü korelasyon değerlerinin pozitif yönde olduğunu belirtmiştir. Bulk-fill kompozite ait korelasyon değerlerinin pozitif yönde bulunması, materyalin içeriğinde bulunan doldurucu partiküllerinin boyutlarının küçük olmasına bağlı olarak daha pürüzsüz yüzey elde edilirken, doldurucu içeriğinin düşük olması nedeniyle mikrosertlik değerlerinin daha düşük olmasına bağlanmıştır.

Bitirme sırasında bazı yüzey partiküllerinin uzaklaştırılması nedeniyle mikro çatlaklar ve düzensizlikler gibi çeşitli yüzey kusurları olduğundan, bitmiş malzeme yüzeyine sıvı rezinin uygulanması (rebonding uygulaması), yapısal mikro kusurların giderilmesi ve kompozitin aşınma direncinin artırılması için önerilmiştir. (Barghi ve Alexander 2003, Roeder ve ark. 2000, Gurbuz ve ark. 2020). Rebonding işlemi, restorasyonun tamamlanmasını takiben dolgu kenarlarının asit ile pürüzlendirilmesi ve örtücü ajanın uygulanmasıdır. Bitirme ve polisaj işlemlerinin ardından restorasyon yüzeyine uygulanan rebonding ajan kavite marjinde ve kompozit yüzeyinde oluşabilecek mikroskobik defektlere penetre olarak kenar mikrosızıntısı, kompozitte renklenme ve plak oluşumunun önlenmesi, aşınma direncinin artırılması, hidrasyon ve dehidratasyon problemlerinin azaltılması ve restorasyona iyi bir estetik kazandırılabilmesi amacıyla klasik polisaj işlemlerinden daha düzgün ve parlak

yüzeyler elde edilmesini sağlamaktadır. Rebonding materyallerinin polisaj işlemine gerek kalmadan kompozitlerin bitirme frezleri ile şekillendirilmesinden hemen sonra yüzeye uygulanabilecekleri üretici firmalar tarafından bildirilmektedir. Böylece hekimlere klinik şartlarda kısa sürede, istenilen kalitede polisaj yapabilme olanağı sunulmaktadır (Ramos ve ark. 2002, Sarac ve ark. 2006, Takeuchi ve ark. 2003). Ayrıca Biscover LV yüzey sızdırmazlık maddesinin, oksijen-inhibisyon tabaka oluşumunu engellediğini belirten çalışmalar bulunmaktadır (Catelan ve ark. 2017). Özellikle çocuk hastalarda klinik uygulamaların daha az aşamada ve daha hızlı olmasının istenmesi, mikrosızıntıyı ve plak akümülyasyonunu azaltması sebebiyle rebonding uygulaması klinikte tercih edilebilir bir uygulama olarak görülmektedir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir rebonding ajan olan Biscover-LV'nin kompomer ve bulk-fill kompozit rezin ile yapılan restorasyonlara uygulanmasının mikrosızıntıya, yüzey pürüzlülüğüne ve mikrosertliğe etkisinin in-vitro koşullarda araştırıldığı bu çalışmanın sınırları dahilinde şu sonuçlara ulaşılmıştır;

1. Mikrosızıntı, yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertlik açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunduğu için H_0 hipotezi reddedilmiştir.
2. Çalışmamızda süt dişlerine uygulanan kompomer ve bulk-fill kompozit rezin restorasyonlar karşılaştırıldığında, kompomer grubu daha yüksek mikrosızıntı değerleri göstermiştir. Bu sonuçlara göre, uzun süre ağızda kalmasını istediğimiz süt dişlerinin restorasyonlarında bulk-fill kompozit dolgu materyalinin kompomer dolgu materyaline iyi bir alternatif olabileceği söylenebilir.
3. Çalışmamızda mikrosertlik değerlerinde bir fark tespit edilmemiş olmasına rağmen, bitirme işlemine ek olarak yüzey örtücü uygulanan kompomer ve bulk-fill kompozit rezin restorasyonlar istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük mikrosızıntı ve yüzey pürüzlülüğü değerleri göstermiştir. Bu sonuçlara bakılarak, mikrosızıntının önlenmesi ve restorasyon yüzeyinde plak birikiminin azaltılması için restorasyon yüzeyine rebonding ajan uygulanması önerilebilir. Bu bulguların, klinik koşullarda da restorasyon prognozunu iyileştireceği ve restorasyon ömrünü uzatacağı düşünülmektedir.
4. Bu çalışmanın bulgularına göre; Mikro-BT 'nin mikrosızıntıyı tespit etmek için etkin bir yöntem olarak çalışmalarda kullanılabileceği görülmüştür. Ancak, bu yöntemin süt dişlerinde mikrosızıntıyı değerlendiren geleneksel

yöntemler ile karşılaştırıldığı bir çalışma bulunmamaktadır. Süt dişi yapısal farklılıkları göz önüne alındığında Mikro-BT'nin etkinliğinin karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği çalışmalara ihtiyaç vardır.

5. Bu çalışmanın sonuçlarını doğrulamak için aynı zamanda süt dişi çürüklerinin günümüzde daha da erken yaşlarda geliştiği ve restorasyon ömrünün uzaması gerekliliği düşünülerek daha fazla in-vitro ve uzun süreli in-vivo çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu çalışmalarda farklı restoratif materyaller ve rebonding ajanlar kullanılması önerilebilir.



ÖZET

Süt Dişlerine Uygulanan Kompomer Ve Bulk-Fill Kompozit Restorasyonlarda Rebonding Ajanın Mikrosızıntı, Yüzey Pürüzlülüğü ve Mikrosertliğe Etkisinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmanın amacı, bir rebonding ajanın çocuk diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan restoratif materyaller olan kompomer ve bulk-fill kompozit restorasyonların yüzeyine uygulanmasının mikrosızıntı, yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertlik üzerine etkisinin in-vitro koşullarda incelenmesidir. Mikrosızıntı deneyi için, 90 adet çürüksüz süt molar diş sınıf V kaviteler açılmış ve hazırlanan dişler iki eşit gruba ayrılmıştır (kompomer ve bulk-fill kompozit rezin). Yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertlik deneyleri için 9 mm çap ve 3 mm yüksekliğinde teflon kalıplar kullanılmış ve hazırlanan örnekler iki eşit gruba ayrılmıştır (kompomer ve bulk-fill kompozit). Her gruptan 15 örneğe bitirme ve Sof-lex disk ile polisaj uygulanmış, 15 diş bitirme ve Biscover LV ile polisaj uygulanmıştır. Her gruptan 15 örneğe herhangi bir bitirme ve polisaj işlemi uygulanmamıştır. Mikrosızıntının değerlendirilmesi için gümüş nitrat ve fotoğraf geliştirici solüsyonlarda bekletilen örnekler, mikro-BT cihazı ile taranmış, elde edilen kesitsel görüntüler yapılandırılarak üç boyutlu görüntüler elde edilmiş ve görüntüler restorasyon ve diş yüzeyi arasında izlenen mikrosızıntı hacimleri açısından incelenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü değerlendirmesi Atomik Kuvvet Mikroskopu (AFM) cihazı ile yapılmıştır. Mikrosertlik değerlendirilmesi Vickers testi ile yapılmıştır. Çalışmamızın mikrosızıntı değerlendirmesinin yapıldığı bölümünde; kompomer restorasyon grubundaki sızıntı değerlerinin, bulk-fill kompozit restorasyonlara göre bitirme ve polisaj işlemleri dikkate alınmadan anlamlı derecede yüksek tespit edilmiştir ($p<0,05$). Kompomer ve bulk-fill kompozit gruplarında; bitirme+biscover uygulanan çalışma grubundaki mikrosızıntı değerlerinin, diğer iki gruba göre anlamlı derecede düşük olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bulk-fill kompozit grubunda; bitirme+disk uygulanan pozitif kontrol grubundaki mikrosızıntı değerlerinin, hiçbir bitirme ve polisaj işlemi uygulanmamış negatif kontrol grubuna göre anlamlı derecede düşük olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). Çalışmamızın mikrosertlik

değerlendirmesinin yapıldığı bölümünde; kompomer ve bulk-fill kompozit gruplarında; bitirme+biscover uygulanan çalışma grubundaki mikrosertlik değerlerinin diğer iki gruba göre anlamlı derecede düşük olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bulk-fill kompozit grubunda; hiçbir bitirme ve polisaj işlemi uygulanmamış negatif kontrol grubundaki mikrosertlik değerlerinin, bitirme+disk uygulanan pozitif kontrol grubuna göre anlamlı derecede düşük olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). Çalışmamızın yüzey pürüzlülüğü değerlendirmesinin yapıldığı bölümünde; kompomer ve bulk-fill kompozit gruplarında; bitirme+biscover uygulanan çalışma grubundaki yüzey pürüzlülüğü değerleri diğer iki gruba göre anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p<0,05$). Kompomer grubunda; bitirme+disk uygulanan pozitif kontrol grubundaki yüzey pürüzlülüğü değerlerinin; hiçbir bitirme ve polisaj işlemi uygulanmamış negatif kontrol grubuna ve bitirme+biscover uygulanan çalışma grubuna göre anlamlı derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bulk-fill kompozit grubunda; hiçbir bitirme ve polisaj işlemi uygulanmamış negatif kontrol grubundaki yüzey pürüzlülüğü değerlerinin, bitirme+disk uygulanan pozitif kontrol grubuna göre anlamlı derecede düşük olduğu bulunmuştur ($p<0,05$).

Bu sonuçlar ışığında; bulk-fill kompozit dolgu materyalinin kompomere iyi bir alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır. Rebonding ajan uygulamasının mikrosızıntının önlenmesinde ve pürüzsüz bir restorasyon yüzeyi elde edilmesinde etkili bir yöntem olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Mikro-BT, Mikrosertlik, Mikrosızıntı, Rebonding, Yüzey Pürüzlülüğü,

SUMMARY

Evaluation of the Effect of Rebonding Agent on Microleakage, Surface Roughness and Microhardness in Compomer and Bulk-Fill Composite Restorations Applied to Primary Teeth

The aim of this study was to investigate the effect of application of a rebonding agent on the surface of compomer and bulk-fill composite restorations, which are restorative materials frequently used in pediatric dentistry, on microleakage, surface roughness and microhardness in in-vitro conditions. Class V cavities were prepared in 90 caries-free primary molar teeth and the prepared teeth were divided into two equal groups (compomer and bulk-fill composite). Teflon molds with a diameter of 9 mm and a height of 3 mm were used for surface roughness and microhardness tests, and the prepared samples were divided into two equal groups (compomer and bulk-fill composite). 15 specimens from each group were finished and polished with a Sof-lex disc, 15 specimens were finished and polished with Biscover LV. No finishing or polishing was applied to 15 samples from each group. For the evaluation of microleakage, the samples were kept in silver nitrate and photo-enhancing solutions and scanned with a micro-CT device. The three-dimensional images were obtained by structuring the cross-sectional images and these images were examined in terms of microleakage volumes between the restoration and the tooth surface. Surface roughness evaluation was made with the AFM device. Microhardness evaluation was made with the Vickers test. In the part of our study where microleakage evaluation was made; leakage values in the compomer restoration group were found to be significantly higher than the bulk-fill composite restorations without considering the finishing and polishing processes ($p < 0.05$). In compomer and bulk-fill composite groups; it was determined that the microleakage values in the study group to which finish+biscover was applied were significantly lower than the other two groups ($p < 0.05$). In the bulk-fill composite group; it was found that the microleakage values in the positive control group which finishing+disc applied were significantly lower than the negative control group without any finishing or polishing ($p < 0.05$). In the part

of our study where the microhardness evaluation was made; in compomer and bulk-fill composite groups; it was determined that the microhardness values in the study group in which finishing+biscover was applied were significantly lower than the other two groups ($p<0.05$). In the bulk-fill composite group; it was found that the microhardness values in the negative control group, which did not undergo any finishing and polishing process, were significantly lower than the positive control group, which was treated with finishing + disc ($p<0.05$). In the part of our study where the surface roughness evaluation was made; in compomer and bulk-fill composite groups; surface roughness values in the study group with finishing+biscover were found to be significantly lower than the other two groups ($p<0.05$). In the compomer group; surface roughness values in the positive control group applied with finishing+disc; it was determined that it was significantly higher than the negative control group in which no finishing and polishing process was applied and the study group that was applied finish+biscover ($p<0.05$). In the bulk-fill composite group; it was found that the surface roughness values in the negative control group, which did not undergo any finishing and polishing process, were significantly lower than the positive control group, which was applied finishing + disc ($p<0.05$).

In light of these results; it was concluded that bulk-fill composite filling material could be a good alternative to compomer. It was concluded that rebonding agent application can be an effective method for preventing microleakage and obtaining a smooth restoration surface.

Keywords: Micro-CT, Microhardness, Microleakage, Rebonding, Surface Roughness

KAYNAKLAR

- AAPD (2016). Guideline on restorative dentistry. *Pediatric Dentistry* 38, 250-262.
- AAPD (2019). Pediatric Restorative Dentistry Latest Revision. Erişim adresi: [https://www.aapd.org/globalassets/media/policies_guidelines/bp_restoratedent.pdf]. Erişim tarihi: 15.02.2021.
- Abbas, G., Fleming, G.J., Harrington, E., Shortall, A.C., Burke, F.J. (2003). Cuspal movement and microleakage in premolar teeth restored with a packable composite cured in bulk or in increments. *J Dent*, 31, 437-444.
- Abo T., Uno S., Sano H. (2004). Comparision of bonding efficiancy of an all in one adhesive with a self etching primer system. *Eur J Oral Sci*, 28, 112-118.
- Abuzar, M. A., Bellur, S., Duong, N., Kim, B. B., Lu, P., Palfreyman, N., Surendran, D., Tran, V. T. (2010). Evaluating surface roughness of a polyamide denture base material in comparison with poly (methyl methacrylate). *J Oral Sci*, 52, 577-581.
- Agematsu, H., Abe S., Shiozaki K., Usami A., Ogata S., Suzuki K. (2005). Relationship between large tubules and dentin caries in human deciduous tooth. *Bull Tokyo Dent Coll*, 46, 7-15.
- Akah, M.M., Daifalla, L.E., Yousry M.M. (2016). Bonding of bulk fill versus contemporary resin composites: A systematic review and meta- analysis. *Indian J Sci Technol*, 9, 1-13.
- Alani, A.H., Toh, C.G. (1997). Detection of microleakage around dental restorations: A review. *Oper Dent*, 22, 173-185.
- Albers, H.F. (2002). Tooth-colored restoratives: Principles and techniques. Ninth edition. Hamilton, Ontario, Canada-Decker.
- Alex, G. (2008). Adhesive considerations in the placement of direct composite restorations. *Oral Health*, 98, 109-119.
- Alhabdan, A.A. (2017). Review of microleakage evaluation tools. *J Int Oral Health*, 9, 141- 145.
- Altun, C. (2004). Restoratif diş hekimliğinde mikrosızıntı. *Gülhane Tıp Derg*, 46, 264-269.
- American Dental Association Council On Dental Materials (1987). Instruments and equipment. Dentin bonding systems: an update. *J Am Dent Assoc*, 114, 91-95.
- Araujo C.S., Silva T.I., Oquarı F.A., Meireles S.S., Pivae Demarco F.F. (2006). Microleakage of seven adhesive systems in enamel and dentin. *J Contemp Dent Pract*, 7, 26-33.
- Arisu, H.D., Eliguzeloglu E., Uctasli M.B., Omurlu H., Turkoz E. (2009). Effect of multiple consecutive adhesive coatings on microleakage of Class V cavities. *Eur J Dent*, 3, 178-184.
- Armstrong, S.R., Vargas, M.A., Fang, Q. (2003). Microtensile bond strength of a total-etch3-step, total-etch 2-step, self-etch 2-step, and a self-etch 1-step dentin bonding system through 15-month water storage. *J Adhes Dent*, 5, 47-56.

- Arslan, I., Baygin, O., Tuzuner, T., Erdemir, F., Canakci, A., Korkmaz, F. M. (2020). The effects of cavity disinfection on the nanoleakage of compomer restorations: an in vitro study. *Eur Oral Res*, 54, 16–24.
- Asmussen, E. (2003). Peutzfeldt A Two-step curing: influence on conversion and softening of a dental polymer. *Dent Mater*, 19, 466- 470.
- Attar N., Tam L.E., McComb D. (2003). Flow, strength, stiffness and radiopacity of flowable resin composites. *J Can Dent Assoc*, 69, 516-521.
- Aydın F., Demirel G., Bilecenoglu B., Ocak M., Gür G. (2020). Effect of different artificial aging protocols on marginal sealing ability of self-etch dental adhesives: micro-computed tomography evaluation. *J Adh Sci Tech*, 34, 388-399.
- Aydın, E.G. (2017). *Farklı Bitirme ve Parlatma Tekniklerinin Çocuk Diş Hekimliğinde Kullanılan Rezin İçerikli Restoratif Materyallerin Yüzey Özelliklerine Etkilerinin Değerlendirilmesi*. Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı Uzmanlık Tezi Ankara.
- Aydın, E. G., Özalp, N. (2021). Which finishing and polishing technique is more effective for surface roughness and microhardness?. *Cumhuriyet Dent J*, 24, 21-29.
- Aydın, N., Karaoğlanoğlu, S., Oktay, E. A., Topçu, F. T., Demir, F. (2019). Diş hekimliğinde bulk fill kompozit rezinler. *Selçuk Dent J*, 6, 229-238.
- Aykent, F., Yondem, I., Ozyesil, A. G., Gunal, S. K., Avunduk, M. C., Ozkan, S. (2010). Effect of different finishing techniques for restorative materials on surface roughness and bacterial adhesion. *J Prosthet Dent*, 103, 221–227.
- Ayna, B., Celenk, S., Atas, O., Tümen, E.C., Uysal, E., Toptanci, I.R. (2018). Microleakage of glass ionomer based restorative materials in primary teeth: An *In vitro* study. *Niger J Clin Pract*, 21, 1034-1037.
- Aytac, F., Karaarslan, E. S., Agaccioglu, M., Tastan, E., Buldur, M., Kuyucu, E. (2016). Effects of novel finishing and polishing systems on surface roughness and morphology of nanocomposites. *J Esthet Restor Dent*, 28, 247–261.
- Ayyıldız, S., Uyar, A., Yüzügüllü, B. (2009). Microleakage and the evaluation methods in dentistry. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg*, 19, 219-226.
- Badra, V.V., Faraoni, J. J., Ramos, R.P., Palmadibb, R.G. (2005). Influence of different beverages on the microhardness and surface roughness of resin composites. *Oper Dent*, 30, 213-219.
- Babajabaa, S., Balbaid, S., Taleb, M., Islam, L., Elharazeen, S., Alagha, E. (2021). Microleakage evaluation in class v cavities restored with five different resin composites: In vitro Dye Leakage Study. *Clin Cosmet Investig Dent*, 13, 405–411.
- Bakhsh, T. A., Sadr, A., Shimada, Y., Tagami, J., Sumi, Y. (2011). Non-invasive quantification of resin-dentin interfacial gaps using optical coherence tomography: validation against confocal microscopy. *Dent Mater*, 27, 915–925.
- Banerjee, A., Watson, T. F., Kidd, E. A. (2000). Dentine caries excavation: a review of current clinical techniques. *Br Dent J*, 188, 476–482.
- Barghi, N., Alexander, C. (2003). A new surface sealant for polishing composite resin restorations. *Compend Contin Educ Dent*, 24, 30-33.

- Bashetty, K., Joshi, S. (2010). The effect of one-step and multi-step polishing systems on surface texture of two different resin composites. *J Conserv Dent.*, 13, 34-38.
- Basker, R.M., Ogden, A.R., Ralph, J.P. (2001). Complete denture prescription-an audit performance. A literature review. *J Adhes Dent*, 3, 295-308.
- Batista, L.H., Júnior, J.G., Silva, M.F., Tonholo, J. (2007). Atomic force microscopy of removal of dentin smear layers. *Microsc Microanal*, 13, 245-250.
- Bayne, S.C., Heymann, H. O., Swift, E. J., Jr (1994). Update on dental composite restorations. *J Am Dent Assoc (1939)*, 125, 687-701.
- Bayne, S.C., Thompson, J. Y., Swift, E. J., Jr, Stamatiades, P., Wilkerson, M. (1998). A characterization of first-generation flowable composites. *J Am Dent Assoc (1939)*, 129, 567-577.
- Bayne, S.C., Thompson, J.Y., Taylor, D.F. *Dental Materials*. In: Roberson T.M., Heymann H.O., Swift E.J., editors (2002). *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. Fourth Edition ed. Missouri: *Mosby Inc*, 134-233.
- Bedi, R., Lewsey, J. D., Gilthorpe, M. S. (2000). Changes in oral health over ten years amongst UK children aged 4-5 years living in a deprived multiethnic area. *Br Dent J*, 189, 88-92.
- Ben-Amar, A., Liberman, R., Judes, H., Nordenberg, D. (1990). Long-term use of dentine adhesive as an interfacial sealer under Class II amalgam restorations. *J Oral Rehabil*, 17, 37-42.
- Berastegui, E., Canalda, C., Brau, E., Miquel, C. (1992). Surface roughness of finished composite resins. *J Prosthet Dent*, 68, 742-749.
- Bergenholtz G. (1991). Iatrogenic injury to the pulp in dental procedures: aspects of pathogenesis, management and preventive measures. *Int Dent J*, 41, 99-110.
- Berkmen, B., Yamanel, K., Arhun, N. (2019). Adeziv sistemlerin sınıflandırılması. *A.Ü. Diş Hek. Fak. Derg*, 46, 115-126.
- Bertrand, M. F., Leforestier, E., Muller, M., Lupi-Pégurier, L., Bolla, M. (2000). Effect of surface penetrating sealant on surface texture and microhardness of composite resins. *J Biomed Mater Res*, 53, 658-663.
- Bezgin, T., Cimen, C., Ozalp, N. (2021). Evaluation of Residual Monomers Eluted from Pediatric Dental Restorative Materials. *Biomed Res Int*, 2021.
- Binning, G., Quate, C.F., Gerber, C.H. (1986). Atomic force microscope. *Phys Rev Lett*, 56, 930-933.
- Bollen, C. M., Lambrechts, P., Quirynen, M. (1997). Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater*, 13, 258-269.
- Bollen, C. M., Papaioanno, W., Van Eldere, J., Schepers, E., Quirynen, M., van Steenberghe, D. (1996). The influence of abutment surface roughness on plaque accumulation and peri-implant mucositis. *Clin Oral Implants Res*, 7, 201-211.
- Bonilla, E. D., Stevenson, R. G., Caputo, A. A., White, S. N. (2012). Microleakage resistance of minimally invasive Class I flowable composite restorations. *Oper Dent*, 37, 290-298.

- Botta, A. C., Duarte, S., Jr, Paulin Filho, P. I., Gheno, S. M. (2008). Effect of dental finishing instruments on the surface roughness of composite resins as elucidated by atomic force microscopy. *Microsc Microanal*, 14, 380–386.
- Bowen, R. L., Nemoto, K., Rapson, J. E. (1983). Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues: forces developing in composite materials during hardening. *J Am Dent Assoc* (1939), 106, 475–477.
- Braem, M., Finger, W., Van Doren, V.E., Lambrechts, P., Vanherle, G. (1989). Mechanical properties and filler fraction of dental composites. *Dent Mater*, 5, 346–348.
- Breschi, L., Mazzoni, A., Ruggeri, A., Cadenaro, M., Di Lenarda, R., De Stefano Dorigo, E. (2008). Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater*, 24, 90–101.
- Brindle, R., Wilkinson, D., Harrison, A., Connolly, C., Cleaton-Jones, P. (2000). Oral health in Hlabisa, KwaZulu/Natal--a rural school and community based survey. *Int Dent J*, 50, 13–20.
- Broome, J.C., Duke, E.S., Norling, B.K. (1985). Shear bond strengths of composite resins with three different adhesives. *J Dent Res*, 64, 244.
- Bucuta, S., Ilie, N. (2014). Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. *Clin Oral Investig*, 18, 1991–2000.
- Buonocore, M. G. (1955). A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res*, 34, 849–853.
- Büyükgür, B. (2007). *Farklı Kavite Derinliğine Sahip Süt Dişlerine Uygulanan Total Pürüzlendirmeli Ve Self-Etch Adeziv Sistemlerin Klinik Ve Radyolojik Olarak Değerlendirilmesi*, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Carrera, C. A., Lan, C., Escobar-Sanabria, D., Li, Y., Rudney, J., Aparicio, C., Fok, A. (2015). The use of micro-CT with image segmentation to quantify leakage in dental restorations. *Dent Mater*, 31, 382–390.
- Casagrande, L., Brayner, R., Barata, J. S., de Araujo, F. B. (2005). Cervical microleakage in composite restorations of primary teeth--in vitro study. *J Dent*, 33, 627–632.
- Catelan, A., Suzuki, T., Becker, F., Jr, Briso, A., Dos Santos, P. H. (2017). Influence of surface sealing on color stability and roughness of composite submitted to ultraviolet-accelerated aging. *J Investig Clin Dent*, 8.
- Cenci, M., Demarco, F., Carvalho, R. (2005). “Class II composite restorations with two polymerization techniques: relationship between microtensile bond strength and marginal leakage. *J Dent*, 33, 603–610.
- Chan, K. M., Tay, F. R., King, N. M., Imazato, S., Pashley, D. H. (2003). Bonding of mild self-etching primers/adhesives to dentin with thick smear layers. *Am J Dent*, 16, 340–346.
- Chandrasekhar, V., Rudrapati, L., Badami, V., Tummala, M. (2017). Incremental techniques in direct composite restoration. *J Conserv Dent*, 20, 386–391.
- Chang, M., Dennison, J., Yaman, P. (2013). Physical property evaluation of four composite materials. *Oper Dent*, 38, 144–153.
- Chatzivasileiou, K., Emmanouil, I., Kotsiomit, E., Pissiotis, A. (2013). Polishing of denture base acrylic resin with chairside polishing kits: an SEM and surface roughness study. *Int J Prosthodont*, 26, 79–81.

- Chen, C., Niu, L. N., Xie, H., Zhang, Z. Y., Zhou, L. Q., Jiao, K., Chen, J. H., Pashley, D. H., Tay, F. R. (2015). Bonding of universal adhesives to dentine--Old wine in new bottles?. *J Dent*, 43, 525–536.
- Chen, X., Cuijpers, V., Fan, M., Frencken, J. E. (2009). Optimal use of silver nitrate and marginal leakage at the sealant-enamel interface using micro-CT. *Am J Dent*, 22, 269–272.
- Chen, X., Cuijpers, V., Fan, M., Frencken, J. E. (2010). Marginal leakage of two newer glass-ionomer-based sealant materials assessed using micro-CT. *J Dent*, 38, 731–735.
- Chesterman, J., Jowett, A., Gallacher, A., Nixon, P. (2017). Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review. *Br Dent J*, 222, 337–344.
- Chung, K. H. (1990). The relationship between composition and properties of posterior resin composites. *J Dent Res*, 69, 852–856.
- Chung, K. H. (1994). Effects of finishing and polishing procedures on the surface texture of resin composites. *Dent Mater*, 10, 325–330.
- Ciucchi, B., Bouillaguet, S., Holz, J. (1990). Proximal adaptation and marginal seal of posterior composite resin restorations placed with direct and indirect techniques. *Quintessence Int*, 21, 663–69.
- Coffey, C. T., Ingram, M. J., Bjorndal, A. M. (1970). Analysis of human dentinal fluid. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol*, 30, 835–837.
- Coli, P., Brännström, M. (1993). The marginal adaptation of four different bonding agents in Class II composite resin restorations applied in bulk or in two increments. *Quintessence Int*, 24, 583–591.
- Colombo, M., Gallo, S., Poggio, C., Ricaldone, V., Arciola, C. R., Scribante, A. (2020). New resin-based bulk-fill composites: In vitro Evaluation of micro-hardness and depth of cure as infection risk indexes. *Mater*, 13, 1308.
- Costa, J. F., Siqueira, W. L., Loguercio, A. D., Reis, A., Oliveira, E. d., Alves, C. M., Bauer, J. R., Grande, R. H. (2011). Characterization of aqueous silver nitrate solutions for leakage tests. *J Appl Oral Sci*, 19, 254–259.
- Coutinho, E., Van Landuyt, K., De Munck, J., Poitevin, A., Yoshida, Y., Inoue, S., Peumans, M., Suzuki, K., Lambrechts, P., Van Meerbeek, B. (2006). Development of a self-etch adhesive for resin-modified glass ionomers. *J Dent Res*, 85, 349–353.
- Covani, U., Giacomelli, L., Krajewski, A., Ravaglioli, A., Spotorno, L., Loria, P., Das, S., Nicolini, C. (2007). Biomaterials for orthopedics: a roughness analysis by atomic force microscopy. *J Biomed Mater Res A*, 82, 723–730.
- Craig, R.G. (1997). Restorative Dental Materials. 10th ed. Mosby, St. Louis.
- Çelik, Ç. (2017). Güncel Kompozit Rezin Sistemler. Ankara. *Türkiye Klinikleri J Restor Dent-Special Topics*, 3, 128-137.
- Çimen, C. (2020). *Bitirme ve Parlatma İşlemlerinin Kompomer ve Bulk-Fill Kompozit Materyallerinin Sitotoksisiteleri Üzerine Etkilerinin Xcelligence Sistemi İle Değerlendirilmesi*. Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi. Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı Uzmanlık Tezi Ankara.

- da Silva, M. A. B., Fardin, A. B., de Vasconcellos, R. C. C., de Melo Santos, L., Tonholo, J., da Silva Júnior, J. G., Dos Reis, J. I. L. (2011). Analysis of roughness and surface hardness of a dental composite using atomic force microscopy and microhardness testing. *Microsc Microanal*, 17, 446-451.
- Dai, X. F., Ten Cate, A. R., Limeback, H. (1991). The extent and distribution of intratubular collagen fibrils in human dentine. *Arch Oral Biol*, 36, 775-778.
- D'Alpino, P. H., Pereira, J. C., Rueggeberg, F. A., Svizero, N. R., Miyake, K., Pashley, D. H. (2006). Efficacy of composite surface sealers in sealing cavosurface marginal gaps. *J Dent*, 34, 252-259.
- Dao Luong, M. N., Shimada, Y., Turkistani, A., Tagami, J., Sumi, Y., Sadr, A. (2016). Fractography of interface after microtensile bond strength test using swept-source optical coherence tomography. *Dent Mater*, 32, 862-869.
- Davidson, C. L., Feilzer, A. J. (1997). Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *J Dent*, 25, 435-440.
- Dayangaç, G.B. (2000). *Kompozit Rezin Restorasyonlar*. Ankara: Güneş Kitabevi Ltd Şti. 4-38.
- Dayangaç, G.B. (2011). *Kompozit Restorasyonlar*. 2. Baskı İstanbul Quntessence Yayıncılık, 25-57.
- Dede, D. Ö., Şahin, O., Koroglu, A., Yilmaz, B. (2016). Effect of sealant agents on the color stability and surface roughness of nanohybrid composite resins. *J Prosthet Dent*, 116, 119-128.
- Déjou, J., Sindres, V., Camps, J. (1996). Influence of criteria on the results of in vitro evaluation of microleakage. *Dent Mater*, 12, 342-349.
- Deliktaş, D. (2006). Farklı Işık Cihazlarının Hibrit ve Nanohibrit Kompozit Rezinlerin Yüzey Sertliğine Etkisi. *EADS*, 33, 1-10.
- Delivanis, P. D., Chapman, K. A. (1982). Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 53, 410-416.
- Demir, İ. (2013). *Süt ve Daimi Dişlerde Kullanılan Dentin Adezivlerin Universal Özelliklerinin Mikrosızıntı Açısından Değerlendirilmesi*. Pedodonti Programı Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ankara.
- Demirci, M., Tuncer, S., Tekçe, N., Erdilek, D., Uysal, Ö. (2013). Influence of adhesive application methods and rebonding agent application on sealing effectiveness of all-in-one self-etching adhesives. *J Esthet Restor Dent*, 25, 326-343.
- Demirel, G., Baltacıoğlu, İ. H., Kolsuz, M. E., Ocak, M., Orhan, K. (2019). Micro-computed tomography evaluation of internal void formation of bulk-fill resin composites in Class II restorations. *Polym Compos*, 40, 2984-2992.
- Demirel, G., Gür, G., Eryılmaz, M., Altanlar, N. (2018). The effects of self-etch bio-active dental adhesive systems on bacterial microleakage. *J Adhes Sci Technol*, 32, 1044-1054.
- Demirel, G., Orhan, A. I., Irmak, Ö., Aydın, F., Buyuksungur, A., Bilecenoğlu, B., Orhan, K. (2021). Micro-computed tomographic evaluation of the effects of pre-heating and sonic delivery on the internal void formation of bulk-fill composites. *Dent Mater J*, 40, 525-531.
- De Munck, J., Mine, A., Poitevin, A., Van Ende, A., Cardoso, M. V., Van Landuyt, K. L., Peumans, M., Van Meerbeek, B. (2012). Meta-analytical review of parameters involved in dentin bonding. *J Dent Res*, 91, 351-357.

- De Munck, J., Van Landuyt, K., Coutinho, E., Poitevin, A., Peumans, M., Lambrechts, P., Van Meerbeek, B. (2005). Micro-tensile bond strength of adhesives bonded to Class-I cavity-bottom dentin after thermo-cycling. *Dent Mater*, 21, 999–1007.
- De Munck, J., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M., Van Meerbeek, B. (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*, 84, 118–132.
- De Munck, J., Van Meerbeek, B., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Suzuki, K., Lambrechts, P., Vanherle, G. (2003). Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res*, 82, 136–140.
- De Munck, J., Vargas, M., Iracki, J., Van Landuyt, K., Poitevin, A., Lambrechts, P., Van Meerbeek, B. (2005). One-day bonding effectiveness of new self-etch adhesives to bur-cut enamel and dentin. *Oper Dent*, 30, 39–49.
- De Santis, R., Anderson, P., Tanner, K. E., Ambrosio, L., Nicolais, L., Bonfield, W., Davis, G. R. (2000). Bone fracture analysis on the short rod chevron-notch specimens using the X-ray computer micro-tomography. *J Mater Sci Mater Med*, 11, 629–636.
- De Santis, R., Mollica, F., Prisco, D., Rengo, S., Ambrosio, L., Nicolais, L. (2005). A 3D analysis of mechanically stressed dentin–adhesive–composite interfaces using X-ray micro-CT. *Biomaterials*, 26, 257–270.
- Dhar V., Hsu K.L., Coll J.A., Ginsberg E., Ball B.M., Chhibber S., Johnson M., Kim M., Modaresi N., Tinanoff N. (2015). Evidence-based update of pediatric dental restorative procedures: Dental materials. *J Clin Pediatr Dent*, 39, 303–310.
- Dickinson, G. L., Leinfelder, K. F. (1993). Assessing the long-term effect of a surface penetrating sealant. *J Am Dent Assoc (1939)*, 124, 68–72.
- Dickinson, G. L., Leinfelder, K. F., Mazer, R. B., Russell, C. M. (1990). Effect of surface penetrating sealant on wear rate of posterior composite resins. *J Am Dent Assoc (1939)*, 121, 251–255.
- Dietschi, D., Marret, N., Krejci, I. (2003). Comparative efficiency of plasma and halogen light sources on composite micro-hardness in different curing conditions. *Dent Mater*, 19, 493–500.
- Doğan, E., Cumhur, A., Bal, F.A., Özkoçak, B.B.C. (2021). Farklı Polisaj Sistemlerinin Nanohibrit Kompozit Rezinlerin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkileri. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci*, 27, 81–88.
- dos Santos, G. O., da Silva, A. H., Guimarães, J. G., Barcellos, A., Sampaio, E. M., da Silva, E. M. (2007). Analysis of gap formation at tooth-composite resin interface: effect of C-factor and light-curing protocol. *J Appl Oral Sci*, 15, 270–274.
- dos Santos, P. H., Consani, S., Correr Sobrinho, L., Coelho Sinhoreti, M. A. (2003). Effect of surface penetrating sealant on roughness of posterior composite resins. *Am J Dent*, 16, 197–201.
- dos Santos, P. H., Pavan, S., Assunção, W. G., Consani, S., Correr-Sobrinho, L., Sinhoreti, M. A. (2008). Influence of surface sealants on microleakage of composite resin restorations. *J Dent Child*, 75, 24–28.
- dos Santos, P.H, Pavan, S., Consani, S., Sobrinho, L.C., Sinhoreti, M., Filho, J.N. (2007). In vitro evaluation of surface roughness of 4 resin composites after the toothbrushing process and methods to recover superficial smoothness. *Quintessence Int*, 38, 247–53.

- Douglas, W. H., Chen, C. J., Craig, R. G. (1980). Neutron activation analysis of microleakage around a hydrophobic composite restorative. *J Dent Res*, 59, 1507–1510.
- Dönmez, N., Özer, F. (2007). Hibrit tabakası, özellikleri ve hibrit tabakasında gözlenen mikroskobik oluşumlar. *Gazi Üniv Diş Hek Fak Derg*, 24, 57-62.
- Dunn, J. R. (2003). iBond: the seventh-generation, one-bottle dental bonding agent. *Compend Contin Educ Dent (Jamesburg, N.J.: 1995)*, 24, 14–18.
- Eden, E., Topaloglu-Ak, A., Cuijpers, V., Frencken, J. E. (2008). Micro-CT for measuring marginal leakage of Class II resin composite restorations in primary molars prepared in vivo. *Am J Dent*, 21, 393–397.
- El-Damanhoury, H., Platt, J. (2014). Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. *Oper Dent*, 39, 374–382.
- Erdemir, U., Sancakli, H. S., Yildiz, E. (2012). The effect of one-step and multi-step polishing systems on the surface roughness and microhardness of novel resin composites. *Eur J Dent*, 6, 198–205.
- Erdemir, U., Yaman, B. C. (2011). Microleakage In Dentistry And Microleakage Evaluation Techniques. *Istanbul Üniv Dis Hek Fak Derg*, 45, 25-35.
- Erdemir, U., Yildiz, E., Eren, M. M., Ozel, S. (2013). Surface hardness evaluation of different composite resin materials: influence of sports and energy drinks immersion after a short-term period. *J Appl Oral Sci*, 21, 124–131.
- Erdilek, D., Dörter, C., Koray, F., Kunzelmann, K. H., Efes, B. G., Gomec, Y. (2009). Effect of Thermo-mechanical Load Cycling on Microleakage in Class II Ormocer Restorations. *Eur J Dent*, 3, 200–205.
- Erhardt, M. C., Magalhães, C. S., Serra, M. C. (2002). The effect of rebonding on microleakage of class V aesthetic restorations. *Oper Dent*, 27, 396-402.
- Ericson, D., Dérand, T. (1991). Reduction of cervical gaps in class II composite resin restorations. *J Prosthet Dent*, 65, 33–37.
- Erickson, R. L., Barkmeier, W. W., Latta, M. A. (2009). The role of etching in bonding to enamel: a comparison of self-etching and etch-and-rinse adhesive systems. *Dent Mater*, 25, 1459–1467.
- Ersoz, E., Ozyurt, P. (1999). The effect of various acids in different concentrations on dentin surface: A SEM Study. *T Clin J Dental Sci*, 5, 55-59.
- Ersöz, E., Erkli, H. (2012). Farklı Cila Materyallerinin Bir Kompozit Rezin Materyalin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi. *Türkiye Klinikleri Dis Hek Bilim Derg*, 18, 177-181.
- Estafan, A. M., Estafan, D. (2000). Microleakage study of flowable composite resin systems. *Compend Contin Educ Dent (Jamesburg, N.J.: 1995)*, 21, 705–714.
- Farahanny, W., Dennis, D., Sihombing, D. (2019). Fracture resistance of various bulk-fill composite resins in Class II mod cavity on premolars: An in vitro Study. *World J Dent*, 10, 166-169.
- Estafan, D., Agosta, C. (2003). Eliminating microleakage from the composite resin system. *Gen Dent*, 51, 506–509.
- Feilzer, A. J., De Gee, A. J., Davidson, C. L. (1989). Increased wall-to-wall curing contraction in thin bonded resin layers. *J Dent Res*, 68, 48-50.

- Fejerskov, O., Josephsen, K., Nyvad, B. (1984). Surface ultrastructure of unerupted mature human enamel. *Caries Res*, 18, 302–314.
- Feldkamp, L. A., Goldstein, S. A., Parfitt, A. M., Jesion, G., Kleerekoper, M. (1989). The direct examination of three-dimensional bone architecture in vitro by computed tomography. *J Bone Miner Res*, 4, 3–11.
- Fernandes, R. A., Strazzi-Sahyon, H. B., Suzuki, T., Briso, A., Dos Santos, P. H. (2020). Effect of dental bleaching on the microhardness and surface roughness of sealed composite resins. *Restor Dent Endod*, 45, 12.
- Fernando de Goes, M., Montes, M. A. (2004). Evaluation of silver methenamine method for nanoleakage. *J Dent*, 32, 391–398.
- Frankenberger, R., Strobel, W. O., Lohbauer, U., Krämer, N., Petschelt, A. (2004). The effect of six years of water storage on resin composite bonding to human dentin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 69, 25–32.
- Frankenberger, R., Tay, F. R. (2005). Self-etch vs etch-and-rinse adhesives: effect of thermo-mechanical fatigue loading on marginal quality of bonded resin composite restorations. *Dent Mater*, 21, 397–412.
- Friedl, K. H., Schmalz, G., Hiller, K. A., Märkl, A. (2000). Marginal adaption of Class V restorations with and without "softstart-polymerization". *Oper Dent*, 25, 26–32.
- Fusayama, T., Terachima, S. (1972). Differentiation of two layers of carious dentin by staining. *J Dent Res*, 51, 866.
- Garberoglio, R., Brännström, M. (1976). Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Arch Oral Biol*, 21, 355–362.
- Garcia-Godoy, F., Malone, W. F. (1987). Microleakage of posterior composite restorations after rebonding. *Compendium (Newtown, Pa.)*, 8, 606–609.
- Gedik, R., Hürmüzlü, F., Coşkun, A., Bektaş, O. O., Ozdemir, A. K. (2005). Surface roughness of new microhybrid resin-based composites. *J Am Dent Assoc (1939)*, 136, 1106–1112.
- Geurtsen, W., Leyhausen, G., Garcia-Godoy, F. (1999). Effect of storage media on the fluoride release and surface microhardness of four polyacid-modified composite resins ("compomers"). *Dent Mater*, 15, 196–201.
- Ghulman, M. A. (2011). Effect of cavity configuration (C factor) on the marginal adaptation of low-shrinking composite: a comparative ex vivo study. *Int J Dent*, 2011, 159749.
- Giachetti, L., Scaminaci Russo, D., Bambi, C., Grandini, R. (2006). A review of polymerization shrinkage stress: current techniques for posterior direct resin restorations. *J Contemp Dent Pract*, 7, 79–88.
- Giacomelli, L., Derchi, G., Frustaci, A., Orlando, B., Covani, U., Barone, A., De Santis, D., Chiappelli, F. (2010). Surface roughness of commercial composites after different polishing protocols: an analysis with atomic force microscopy. *Open Dent J*, 4, 191–194.
- Giannini, M., Makishi, P., Ayres, A. P., Vermelho, P. M., Fronza, B. M., Nikaido, T., Tagami, J. (2015). Self-etch adhesive systems: a literature review. *Braz Dent J*, 26, 3–10.
- Going, R. E. (1972). Microleakage around dental restorations: a summarizing review. *J Am Dent Assoc (1939)*, 84, 1349–1357.

- Going, R. E., Massler, M., Dute, H. L. (1960). Marginal penetration of dental restorations by different radioactive isotopes. *J Dent Res*, 39, 273–284.
- Gordan, V. V., Patel, S. B., Barrett, A. A., Shen, C. (2003). Effect of surface finishing and storage media on bi-axial flexure strength and microhardness of resin-based composite. *Oper Dent*, 28, 560–567.
- Gönülol, N., Yilmaz, F. (2012). The effects of finishing and polishing techniques on surface roughness and color stability of nanocomposites. *J Dent*, 40, 64–70.
- Guler, A. U., Yilmaz, F., Kulunk, T., Guler, E., Kurt, S. (2005). Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *J Prosthet Dent*, 94, 118–124.
- Gultz, J., Do, L., Boylan, R., Kaim, J., Scherer, W. (1999). Antimicrobial activity of cavity disinfectants. *Gen Dent*, 47, 187–190.
- Gurbuz, O., Cilingir, A., Dikmen, B., Ozsoy, A., Mert Eren, M. (2020). Effect of surface sealant on the surface roughness of different composites and evaluation of their microhardness. *Eur Oral Res*, 54, 1–8.
- Gurbuz, T., Sengul, F., Demirci, T., Coruh, M. (2013). Scanning electron microscopic analyses of the effects of different disinfectant methods on dentinal structure. *J Int Dent Med Res*, 6, 65.
- Güler, A. U., Güler, E., Yücel, A. C., Ertaş, E. (2009). Effects of polishing procedures on color stability of composite resins. *J Appl Oral Sci*, 17, 108–112.
- Gwinnett, J. A., Tay, F. R., Pang, K. M., Wei, S. H. (1995). Comparison of three methods of critical evaluation of microleakage along restorative interfaces. *J Prosthet Dent*, 74, 575–585.
- Gwinnett, A. J., Tay, F. R., Wei, S. H. Y. (1996). Bridging the gap between the overdry and overwet bonding phenomenon-optimization of dentin hybridization and tubular seal. *Dentin/pulp complex. Tokyo, Quintessence*, 359–363.
- Hanabusa, M., Mine, A., Kuboki, T., Momoi, Y., Van Ende, A., Van Meerbeek, B., De Munck, J. (2012). Bonding effectiveness of a new 'multi-mode' adhesive to enamel and dentine. *J Dent*, 40, 475–484.
- Hahnel, S., Dowling, A. H., El-Safty, S., Fleming, G. J. (2012). The influence of monomeric resin and filler characteristics on the performance of experimental resin-based composites (RBCs) derived from a commercial formulation. *Dent Mater*, 28, 416–423.
- Hannig, C., Duong, S., Becker, K., Brunner, E., Kahler, E., Attin, T. (2007). Effect of bleaching on subsurface micro-hardness of composite and a polyacid modified composite. *Dent Mater*, 23, 198–203.
- Hashimoto, M., Fujita, S., Kaga, M., Yawaka, Y. (2008). Effect of water on bonding of one-bottle self-etching adhesives. *Dent Mater J*, 27, 172–178.
- Hashimoto, M., Ohno, H., Kaga, M., Endo, K., Sano, H., Oguchi, H. (2000). In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res*, 79, 1385–1391.
- Hatibovic-Kofman, S., El-Kassem, M., Inocencio, F., Selimovic, M., Raimundo, L. (2008). Evidence based effectiveness of pit and fissure sealants applied by students and paediatric dentists after five years. *Acta Stomatol Croat*, 42, 218–228.

- Haugejorden, O. (1996). Using the DMF gender difference to assess the "major" role of fluoride toothpastes in the caries decline in industrialized countries: a meta-analysis. *Community Dent Oral Epidemiol*, 24, 369–375.
- Hayakawa, T., Kikutake-Sugiyama, K., Nemoto, K. (2005). Efficacy of water-soluble photoinitiator on the adhesion of composite resin to bovine teeth in all-in-one bonding system. *Dent Mater J*, 24, 213-218.
- Heintze, S. D. (2007). Systematic reviews: I. The correlation between laboratory tests on marginal quality and bond strength. II. The correlation between marginal quality and clinical outcome. *J Adhes Dent*, 9, 77–106.
- Heintze, S. D., Forjanic, M., Rousson, V. (2006). Surface roughness and gloss of dental materials as a function of force and polishing time in vitro. *Dent Mater*, 22, 146–165.
- Hembree, J. H., Jr (1989). Microleakage at the gingival margin of class II composite restorations with glass-ionomer liner. *J Prosthet Dent*, 61, 28–30.
- Hepdeniz, O. K., Ermis, R. B. (2019). Comparative evaluation of marginal adaptation and microleakage of low-shrinking composites after thermocycling and mechanical loading. *Niger J Clin*, 22, 633–641.
- Herênio, S. S., de Carvalho, N. M. P., Lima, D. M. (2011). Influence of chlorhexidine digluconate on bond strength durability of a self-etching adhesive system. *RSBO*, 8, 417-424.
- Heymann, H., Swift, E., Ritter, Jr A. (2012). Dental Library-Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry, 6th Edition. Mosby.
- Hirata, R., Pacheco, R. R., Caceres, E., Janal, M. N., Romero, M. F., Giannini, M., Coelho, P. G., Rueggeberg, F. A. (2018). Effect of Sonic Resin Composite Delivery on Void Formation Assessed by Micro-computed Tomography. *Oper Dent*, 43, 144–150.
- Hoelscher, D. C., Neme, A. M., Pink, F. E., Hughes, P. J. (1998). The effect of three finishing systems on four esthetic restorative materials. *Oper Dent*, 23, 36–42.
- Hondrum, S. O., Fernández, R., Jr (1997). Contouring, finishing, and polishing Class 5 restorative materials. *Oper Dent*, 22, 30–36.
- Holtan, J. R., Nystrom, G. P., Douglas, W. H., Phelps, R. A., 2nd (1990). Microleakage and marginal placement of a glass-ionomer liner. *Quintessence Int*, 21, 117–122.
- Hwang, S. W., Kwon, T. Y., Kim, K. H., Kwon, Y. H., Kim, H. I., Lee, J. B. (2007). Optical, mechanical, and chemical properties of colored compomer. *Biomed Res*, 11, 36-42.
- Ilie, N., Bucuta, S., Draenert, M. (2013). Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *Oper Dent*, 38, 618–625.
- Ilie, N., Hickel, R. (2011). Resin composite restorative materials. *Aust Dent J*, 56, 59–66.
- Inokoshi, S., Harada, N., Nakaoki, Y., Nikaido, T., Urabe, L., Sano, H. (1996). Quality of bonding agents: Adhesion mechanism in: *Bologna International symposium*, 18-34.
- Inoue, S., Van Meerbeek, B., Abe, Y., Yoshida, Y., Lambrechts, P., Vanherle, G., Sano, H. (2001). Effect of remaining dentin thickness and the use of conditioner on micro-tensile bond strength of a glass-ionomer adhesive. *Dent Mater*, 17, 445–455.

- Inoue, S., Van Meerbeek, B., Vargas, M., Yoshida, Y., Lambrechts, P., Vanherle, G. (2000). Adhesion mechanism of self-etching adhesives. Tagami J, Toledano M, Prati C (Ed.). Advanced adhesive dentistry. Granada, Spain: Kuraray Co. 131-148.
- Jacker-Guhr, S., Ibarra, G., Oppermann, L. S., Lührs, A. K., Rahman, A., Geurtsen, W. (2016). Evaluation of microleakage in class V composite restorations using dye penetration and micro-CT. *Clin Oral Investig*, 20, 1709–1718.
- Jackson, R. D., Morgan, M. (2000). The new posterior resins and a simplified placement technique. *J Am Dent Assoc (1939)*, 131, 375–383.
- Jandt, K. D. (2001). Atomic force microscopy of biomaterials surfaces and interfaces. *Surf Sci*, 491, 303-332.
- Jardine, A. P., Rosa, R. A., Santini, M. F., Wagner, M., Só, M. V., Kuga, M. C., Pereira, J. R., & Kopper, P. M. (2016). The effect of final irrigation on the penetrability of an epoxy resin-based sealer into dentinal tubules: a confocal microscopy study. *Clin Oral Investig*, 20, 117–123.
- Jefferies, S. R. (1998). The art and science of abrasive finishing and polishing in restorative dentistry. *Dent Clin N Am*, 42, 613–627.
- Jefferies, S. R. (2007). Abrasive finishing and polishing in restorative dentistry: a state-of-the-art review. *Dent Clin North Am*, 51, 379–397.
- Jensen, M.E. (2001). Dentin bonding agents. In: Aschheim KW, Dale BG. Esthetic Dentistry / A clinical approach to techniques and materials, 2nd ed. St. Louis, Mosby-Year Book Inc, 41-3.
- Jones, C. G. (1997). Chlorhexidine: is it still the gold standard?. *Periodontol 2000*, 15, 55–62.
- Joniot, S., Salomon, J. P., Dejou, J., Grégoire, G. (2006). Use of two surface analyzers to evaluate the surface roughness of four esthetic restorative materials after polishing. *Oper Dent*, 31, 39–46.
- Joynt, R. B., Davis, E. L., Wiecekowski, G., Jr, Yu, X. Y. (1991). Dentin bonding agents and the smear layer. *Oper Dent*, 16, 186–191.
- Judes, H., Eli, I., Lieberman, R., Serebro, L., Ben Amar, A. (1982). Rebonding as a method of controlling marginal microleakage in composite resin restorations. *N Y J Dent*, 52, 137–143.
- Jung, M., Bruegger, H., Klimek, J. (2003). Surface geometry of three packable and one hybrid composite after polishing. *Oper Dent*, 28, 816–824.
- Jung, M., Eichelberger, K., Klimek, J. (2007). Surface geometry of four nanofiller and one hybrid composite after one-step and multiple-step polishing. *Oper Dent*, 32, 347–355.
- Jung, M., Voit, S., Klimek, J. (2003). Surface geometry of three packable and one hybrid composite after finishing. *Oper Dent*, 28, 53–59.
- Kakaboura, A., Fragouli, M., Rahiotis, C., Silikas, N. (2007). Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *J Mater Sci Mater Med*, 18, 155–163.
- Kakaboura, A., Rahiotis, C., Watts, D., Silikas, N., Eliades, G. (2007). 3D-marginal adaptation versus setting shrinkage in light-cured microhybrid resin composites. *Dent Mater*, 23, 272–278.
- Kalmowicz, J., Phebus, J. G., Owens, B. M., Johnson, W. W., King, G. T. (2015). Microleakage of Class I and II Composite Resin Restorations Using a Sonic-resin Placement System. *Oper Dent*, 40, 653–661.

- Kanca, J., 3rd (1991). A method for bonding to tooth structure using phosphoric acid as a dentin-enamel conditioner. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, 22, 285–290.
- Kanca, J., 3rd (1992). Resin bonding to wet substrate. 1. Bonding to dentin. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, 23, 39–41.
- Kanca, J., 3rd (1996). Wet bonding: effect of drying time and distance. *Am J Dent*, 9, 273–276.
- Kanemura, N., Sano, H., Tagami, J. (1999). Tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces. *J Dent*, 27, 523–530.
- Karadağ, A. G. S. (2005). Mikrosızıntı Araştırma Teknikleri Ve Mikrosızıntıyı Etkileyen Faktörler. *Atatürk Üni Diş Hek Fak Derg*, 2005, 80-88.
- Karaman, E., Ozgunaltay, G. (2014). Polymerization shrinkage of different types of composite resins and microleakage with and without liner in class II cavities. *Oper Dent*, 39, 325–331.
- Karadaş, M., Demirbuğa, S. (2017). Evaluation of Color Stability and Surface Roughness of Bulk-Fill Resin Composites and Nanocomposites. *Meandros Med Dent J*, 18, 199-205.
- Kasraei, S., Azarsina, M., Majidi, S. (2011). In vitro comparison of microleakage of posterior resin composites with and without liner using two-step etch-and-rinse and self-etch dentin adhesive systems. *Oper Dent*, 36, 213–221.
- Kaya, T. (2014). *Diş Hekimliğinde Kullanılan Multimod, Etch And Rinse Ve Self Etch Adezivlerin Süt Ve Daimi Dişlerin Sınıf I Restorasyonlarında Mikrosızıntı Açısından Karşılaştırılması*. Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Pedodonti Anabilim Dalı. Doktora Tezi Ankara.
- Khoroushi, M., Ehteshami, A. (2016). Marginal microleakage of cervical composite resin restorations bonded using etch-and-rinse and self-etch adhesives: two dimensional vs. three dimensional methods. *Restor Dent Endod*, 41, 83–90.
- Kidd, E. A. (1976). Microleakage in relation to amalgam and composite restorations. A laboratory study. *Br Dent J*, 141, 305–310.
- Kinney, J. H., Balooch, M., Marshall, S. J., Marshall, G. W., Jr, Weihs, T. P. (1996). Hardness and Young's modulus of human peritubular and intertubular dentine. *Arch Oral Biol*, 41, 9–13.
- Kim, E. H., Jung, K. H., Son, S. A., Hur, B., Kwon, Y. H., Park, J. K. (2015). Effect of resin thickness on the microhardness and optical properties of bulk-fill resin composites. *Restor Dent Endod*, 40, 128–135.
- Kim, S. H., Kang, S. R., Park, H. J., Kim, J. M., Yi, W. J., Kim, T. I. (2017). Improved accuracy in periodontal pocket depth measurement using optical coherence tomography. *J Periodontal Implant Sci*, 47, 13–19.
- Klautau, E. B., Carneiro, K. K., Lobato, M. F., Machado, S. M. M., Souza Junior, M. H. S. (2011). Low shrinkage composite resins: influence on sealing ability in unfavorable C-factor cavities. *Braz Oral Res*, 25, 05-12.
- Knobloch, L., Kerby, R. E., Clelland, N., Lee, J. (2004). Hardness and degree of conversion of posterior packable composites. *Oper Dent*, 29, 642–649.
- Kodaka, T., Nakajima, F., Kuroiwa, M. (1989). Distribution patterns of the surface "prismless" enamel in human deciduous incisors. *Bull Tokyo Dent Coll*, 30, 9–19.

- Koh, R., Neiva, G., Dennison, J., Yaman, P. (2008). Finishing systems on the final surface roughness of composites. *J Contemp Dent*, 9, 138–145.
- Komori, P. C., Pashley, D. H., Tjäderhane, L., Breschi, L., Mazzoni, A., De Goes, M. F., Carrilho, M. R. (2009). Effect of 2% chlorhexidine digluconate on the bond strength to normal versus caries-affected dentin. *Oper Dent*, 34, 157-165.
- Korkmaz, Y., Baseren, M. (2008). Effect of antibacterial varnishes applied to root dentin on shear bond strength of tooth-colored restorative materials. *Oper Dent*, 33, 65–71.
- Korkmaz, Y., Ozel, E., Attar, N., Aksoy, G. (2008). The influence of one-step polishing systems on the surface roughness and microhardness of nanocomposites. *Oper Dent*, 33, 44–50.
- Kubinek, R., Zapletalova, Z., Vujtek, M., Novotný, R., Kolarova, H., Chmelickova, H. (2007). Examination of dentin surface using AFM and SEM. *Mod Res Educ Top Microsc*, 11, 593–598.
- Kugel, G., Ferrari, M. (2000). The science of bonding: from first to sixth generation. *J Am Dent Assoc (1939)*, 131, 20–25.
- Kuhar, M., Funduk, N. (2005). Effects of polishing techniques on the surface roughness of acrylic denture base resins. *J Prosthet Dent*, 93, 76–85.
- Kuhn, J. L., Goldstein, S. A., Feldkamp, L. A., Goulet, R. W., Jesion, G. (1990). Evaluation of a microcomputed tomography system to study trabecular bone structure. *J Orthop Res*, 8, 833–842.
- Kumar, C. N., Gururaj, M., Paul, J. (2012). A comparative evaluation of curing depth and compressive strength of dental composite cured with halogen light curing unit and blue light emitting diode: an in vitro study. *J Comtemp Dent Pract*, 13, 834–837.
- Küçükeşmen, H.C, Küçükeşmen, Ç., Erkut, S., Doğudatekgezener, M. (2010). Farklı Polisaj Uygulamaları Sonrasında, Hibrid Bir Kompozit Rezinin Yüzey Temas Açısının Belirlenmesi. *S.D.Ü. Sağlık Bil Ens Derg*, 1, 62-68.
- Kütük, Z.B. (2015). *İki Farklı Led Işık Cihazının Nanohibrid Kompozit Rezinin Mikromekanik Özellikleri Üzerine Etkisi*. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Labella, R., Lambrechts, P., Van Meerbeek, B., Vanherle, G. (1999). Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Dent Mater*, 15, 128–137.
- Lambrechts, P., Van Meerbeek, B., Perdigão, J., Vanherle, G. (2000). Adhesives: Do's and don'ts. In *Symposium on Adhesion: the Silent Revolution in Dentistry*, Date: 1999/05/07-1999/05/08, Location: PARIS, FRANCE (pp. 45-60). Quintessence Publishing Co.
- Lee, J. J., Nettey-Marbell, A., Cook, A., Jr, Pimenta, L. A., Leonard, R., Ritter, A. V. (2007). Using extracted teeth for research: the effect of storage medium and sterilization on dentin bond strengths. *J Am Dent Assoc (1939)*, 138, 1599–1603.
- Lee, Y. K. (2008). Influence of filler on the difference between the transmitted and reflected colors of experimental resin composites. *Dent Mater* 24, 1243–1247.
- Leevailoj, C., Cochran, M. A., Matis, B. A., Moore, B. K., Platt, J. A. (2001). Microleakage of posterior packable resin composites with and without flowable liners. *Oper Dent*, 26, 302–307.
- Leinfelder, K. F. (2001). Dentin adhesives for the twenty-first century. *Dent Clin N Am*, 45, 1–6.

- Leinfelder, K. F. (2001). Is it possible to control the directional shrinkage of resin-based composites?. *J Am Dent Assoc (1939)*, 132, 782–783.
- Leinfelder, K. F., O'neal, S. J., Mueninghoff, L. A. (1986). Use of Ca (OH) 2 for measuring microleakage. *Dent Mater*, 2, 121-124.
- Leprince, J., Palin, W. M., Mullier, T., Devaux, J., Vreven, J., Leloup, G. (2010). Investigating filler morphology and mechanical properties of new low-shrinkage resin composite types. *J Oral Rehabil*, 37, 364–376.
- Li, H., Burrow, M. F., Tyas, M. J. (2003). The effect of concentration and pH of silver nitrate solution on nanoleakage. *J Adhes Dent*, 5, 19–25.
- Lima, A. F., Soares, G. P., Vasconcellos, P. H., Ambrosano, G. M., Marchi, G. M., Lovadino, J. R., Aguiar, F. H. (2011). Effect of surface sealants on microleakage of Class II restorations after thermocycling and long-term water storage. *J Adhes Dent*, 13, 249–254.
- Lopes, G. C., Baratieri, L. N., de Andrada, M. A., Vieira, L. C. (2002). Dental adhesion: present state of the art and future perspectives. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, 33, 213–224.
- Lopes, G. C., Thys, D. G., Klaus, P., Oliveira, G. M., Widmer, N. (2007). Enamel acid etching: a review. *Compend Contin Educ Dent (Jamesburg, N.J.: 1995)*, 28, 18–42.
- Lopes, M. B., Saquy, P. C., Moura, S. K., Wang, L., Graciano, F. M. O., Correr Sobrinho, L., Gonini Júnior, A. (2012). Effect of different surface penetrating sealants on the roughness of a nanofiller composite resin. *Braz Dent J*, 23, 692-697.
- Lovell, L. G., Newman, S. M., Bowman, C. N. (1999). The effects of light intensity, temperature, and comonomer composition on the polymerization behavior of dimethacrylate dental resins. *J Dent Res*, 78, 1469–1476.
- Lutz, F., Krejci, I., Barbakow, F. (1991). Quality and durability of marginal adaptation in bonded composite restorations. *Dent Mater*, 7, 107–113.
- Lührs, A. K., Guhr, S., Schilke, R., Borchers, L., Geurtsen, W., Günay, H. (2008). Shear bond strength of self-etch adhesives to enamel with additional phosphoric acid etching. *Oper Dent*, 33, 155–162.
- Mackenzie, L., Shortall, A. C., Burke, F. J. (2009). Direct posterior composites: a practical guide. *Dent Update*, 36, 71–72
- Magni, E. L. I. S. A., Radovic, I. V. A. N. A., Coniglio, I. V. A. N. O. V. I. C., Papacchini, F. E. D. E. R. I. C. A., Mazzitelli, C. L. A. U. D. I. A., Ferrari, M. (2007). Bonding of self-etching adhesive/flowable composite combinations to enamel and dentin: a microtensile bond strength evaluation. *Dent SA*, 9, 6-18.
- Malacarne-Zanon, J., e Silva, S. M. D. A., Wang, L., Mario, F., Martins, A. L., Narvaes-Romani, E. O., Carrilho, M. R. (2010). Permeability of dental adhesives—a SEM assessment. *Eur J Dent*, 4, 429-439.
- Manhart J., Kunzelmann K.H., Chen H. Y., Hickel R. (2000). Mechanical Properties of New Composite Restorative Materials. *J Biomed Mater Res*, 53, 353-361.
- Månson-Rahemtulla, B., Retief, D. H., Jamison, H. C. (1984). Effect of concentrations of phosphoric acid on enamel dissolution. *J Prosthet Dent*, 51, 495–498.

- Marquezan, M., Corrêa, F. N., Sanabe, M. E., Rodrigues Filho, L. E., Hebling, J., Guedes-Pinto, A. C., Mendes, F. M. (2009). Artificial methods of dentine caries induction: A hardness and morphological comparative study. *Arch Oral Biol*, 54, 1111–1117.
- May, K. N., Jr, Swift, E. J., Jr, Wilder, A. D., Jr, Futrell, S. C. (1996). Effect of a surface sealant on microleakage of Class V restorations. *Am J Dent*, 9, 133–136.
- Mayworm, C. D., Camargo, S. S., Jr, Bastian, F. L. (2008). Influence of artificial saliva on abrasive wear and microhardness of dental composites filled with nanoparticles. *J Dent*, 36, 703–710.
- Mazumdar, P., Das, A., Das, U. K. (2019). Comparative evaluation of microleakage of three different direct restorative materials (silver amalgam, glass ionomer cement, cention N), in Class II restorations using stereomicroscope: An *in vitro* study. *Indian J Dent Res*, 30, 277–281.
- Mccabe, J.F., Walls, A.W.G. (2008). *Applied Dental Materials*. 9th ed. Oxford; Blackwell publishing, 225-44.
- McGuckin, R. S., Pashley, D. H. (1990). Effect of disinfection/sterilization treatments on Gluma-mediated dentin shear bond strengths. *Am J Dent*, 3, 278-282.
- Mertz-Fairhurst, E.J., Ergle, J.W. (1991). Cariostatic and ultraconservative sealed class I restorations: six year results. *J Dent Res*, 70, 492.
- Mertz-Fairhurst, E. J., Newcomer, A. P. (1988). Interface gap at amalgam margins. *Dent Mater*, 4, 122–128.
- Miles, M., Antognozzi, M., Haschke, H., Hobbs, J., Humphris, A., McMaster, T. (2003). Tour de force microscopy. *Mater Today*, 6, 30-37.
- Milia, E., Cumbo, E., Cardoso, R. J., Gallina, G. (2012). Current dental adhesives systems. A narrative review. *Curr Pharm Des*, 18, 5542–5552.
- Miller, M. B. (1995). Cavity Cleaners/Disinfectants. *J Reality*, 9, 37-42.
- Miyazaki, M., Onose, H., Moore, B. K. (2002). Analysis of the dentin-resin interface by use of laser Raman spectroscopy. *Dent Mater*, 18, 576–580.
- Miyazaki, M., Tsujimoto, A., Tsubota, K., Takamizawa, T., Kurokawa, H., Platt, J.A. (2014). Important compositional characteristics in the clinical use of adhesive systems. *J Oral Sci*, 56, 1–9.
- Mjör, I. A., Odont, D. (2001). Pulp-dentin biology in restorative dentistry. Part 2: initial reactions to preparation of teeth for restorative procedures. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, 32, 537–551.
- Mjör, I. A., Sveen, O. B., Heyeraas, K. J. (2001). Pulp-dentin biology in restorative dentistry. Part 1: normal structure and physiology. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, 32, 427–446.
- Mobarak, E. H., El-Korashy, D. I., Pashley, D. H. (2010). Effect of chlorhexidine concentrations on micro-shear bond strength of self-etch adhesive to normal and caries-affected dentin. *Am J Dent*, 23, 217–222.
- Mobarak, E., Elsayad, I., Ibrahim, M., El-Badrawy, W. (2009). Effect of LED light-curing on the relative hardness of tooth-colored restorative materials. *Oper Dent*, 34, 65-71.
- Mohapatra, A., Sivakumar, N. (2011). Microleakage evaluation using acetate peel technique. *J Clin Pediatr Dent*, 35, 283–288.

- Moll, K., Fritzenschaft, A., Haller, B. (2004). In vitro comparison of dentin bonding systems: effect of testing method and operator. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, 35, 845–852.
- Momoi, Y., McCabe, J. F. (1993). Fluoride release from light-activated glass ionomer restorative cements. *Dent Mater*, 9, 151–154.
- Moosavi, H., Moghaddas, M., Kordnoshahri, F., Zanjani, M. (2018). Microleakage Evaluation of Bulk-fill Composites Used with Different Adhesive Systems. *J Dent Biomater*, 5, 544-550.
- Moraes, L. G. P., Rocha, R. S. F., Menegazzo, L. M., Araújo, E. B. D., Yukimito, K., Moraes, J. C. S. (2008). Infrared spectroscopy: a tool for determination of the degree of conversion in dental composites. *J Appl Oral Sci*, 16, 145-149.
- Morgan, M. (2004). Finishing and polishing of direct posterior resin restorations. *Practical procedures & aesthetic dentistry: PPAD*, 16, 211–218.
- Moszner, N., Salz, U., Zimmermann, J. (2005). Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: a systematic review. *Dent Mater*, 21, 895–910.
- Mota, E. G., Fulginiti, R. L., Prietsch, D. L., Barbosa, G. F., Oshima, H. M. S. (2014). The Influence of Testing Protocols on Microhardness Tests of Composite Resin with Different Viscosities. *OHDM*.
- Moura, J. S., Rodrigues, L. K. A., Del Bel Cury, A. A., Lima, E. M. C. X., Garcia, R. M. C. R. (2004). Influence of storage solution on enamel demineralization submitted to pH cycling. *J Appl Oral Sci*, 12, 205-208.
- Mousavinasab, S. M., Khosravi, K., Tayebghasemi, N. (2008). Microleakage assessment of class V composite restorations rebonded with three different methods. *Dent Res J*, 5, 21-26.
- Munchow, E. A., Correa, M. B., Ogliari, F. A., Piva, E., Zanchi, C. H. (2012). Correlation between surface roughness and microhardness of experimental composites with varying filler concentration. *J Contemp Dent Pract*, 13, 299–304.
- Muñoz, M. A., Luque, I., Hass, V., Reis, A., Loguercio, A. D., Bombarda, N. H. (2013). Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *J Dent*, 41, 404–411.
- Munro, G. A., Hilton, T. J., Hermes, C. B. (1996). In vitro microleakage of etched and rebonded Class 5 composite resin restorations. *Oper Dent*, 21, 203–208.
- Mutluay, M. M., Rueggeberg, F. A., Price, R. B. (2014). Effect of using proper light-curing techniques on energy delivered to a Class 1 restoration. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, 45, 549–556.
- Nagem Filho, H., D'Azevedo, M. T., Nagem, H. D., Marsola, F. P. (2003). Surface roughness of composite resins after finishing and polishing. *Braz*, 14, 37–41.
- Nakabayashi, N. (1982). Resin reinforced dentin due to infiltration of monomers into the dentin at the adhesive interface. *J Jpn Dent Mater*, 1, 78-81.
- Nakabayashi, N., Pashley D.H. (1998). *Hybridization of Dental Hard Tissues*. Tokyo, Quintessence Publishing Co Inc, 21-35.
- Nakabayashi, N., Pasley D. (1998). *Evolution of Dentin-Resin Bonding. Hybridization of Dental Hard Tissues*. Osaka, Quintessence Publishing Co Inc, 37-56.

- Neme, A. L., Maxson, B. B., Pink, F. E., Aksu, M. N. (2002). Microleakage of Class II packable resin composites lined with flowables: An in vitro study. *Oper Dent*, 27, 600-605.
- Nguyen, C. (2007). *A new in vitro method for the study of micro-leakage of dental restorative materials* (Doctoral dissertation).
- Nicholson, J. W. (2007). Polyacid-modified composite resins ("compomers") and their use in clinical dentistry. *Dent Mater*, 23, 615-622.
- Nishiyama, N., Tay, F. R., Fujita, K., Pashley, D. H., Ikemura, K., Hiraishi, N., King, N. M. (2006). Hydrolysis of functional monomers in a single-bottle self-etching primer--correlation of ¹³C NMR and TEM findings. *J Dent Res*, 85, 422-426.
- O'Brien, W.J. (1997). *Dental Materials and their selection*. Chicago: Quintessence Publishing Co. Inc.
- O'Brien, W.J. (2002). *Dental Materials and Their Selection*, 3 ed, Canada; 34-50.
- Oesterle, L. J., Newman, S. M., Shellhart, W. C. (2001). Rapid curing of bonding composite with a xenon plasma arc light. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 119, 610-616.
- Ökte, Z., Villalta, P., García-Godoy, F., Lu, H., Powers, J. M. (2006). Surface hardness of resin composites after staining and bleaching. *Oper Dent*, 31, 623-628.
- Orłowski, M., Tarczydło, B., Chałas, R. (2015). Evaluation of marginal integrity of four bulk-fill dental composite materials: in vitro study. *Sci World J*, 2015, 701262.
- Oliveira, A. L. B. M. D., Garcia, P. P. N. S., Santos, P. A. D., Campos, J. Á. D. B. (2010). Surface roughness and hardness of a composite resin: influence of finishing and polishing and immersion methods. *Mater Res*, 13, 409-415.
- Ölmez, A., Kisbet, S. (2013). Kompozit rezin restorasyonlarda bitirme ve polisaj işlemlerindeki yeni gelişmeler. *Acta Odontol Turc*, 30, 115-22.
- Özalp, N., Bayrak, Ş., Ökte, Z. (2004). The Effect of Rebonding on Microleakage of Compomer Restorations in Primary Teeth. *A.Ü. Diş Hek Fak Derg*, 31, 123-129.
- Özçobanoğlu, G., Durutürk, L. (2013). Süt dişlerinde pulpa ve dentinin histolojik yapısal özellikleri. *Acta Odontol Turc*, 30, 99-109.
- Özel, E., Yurdagüven, H., Say, E., Kocagöz, S. (2005). Evaluation the antibacterial activity of disinfectant solutions and phosphoric acids against *Streptococcus mutans*. *Hacettepe University, Clin Dent Res*, 29, 8-14.
- Özer, L., Özalp, N., Ökte, Z., Sarı, Ş. (2003). Ankara İlinde 5-11 Yaş Grubu Okul Çocuklarında Çürük Prevalansının Değerlendirilmesi. *A.Ü. Diş Hek. Fak. Derg*, 30, 133-139.
- Özgünaltay, G., Yazıcı, A. R., Görücü, J. (2003). Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of new tooth-coloured restoratives. *J Oral Rehabil*, 30, 218-224.
- Özkanoglu, S. (2019). *Üç Farklı Universal Adeziv Sistemin Dentine Makaslama Bağlanma Dayanımlarının Ve Mikrosızıntı Değerlerinin Karşılaştırılması*. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı.
- Özkul, S., Küçükşen, Ç. (2012). Adezivler: Genel ilkeler ve tekniğin son durumu. *Balıkesir Sağlık Bil Derg*, 1, 164-168.

- Öztürk, A. N., Aykent, F. (2001). Dentin bonding ajanlar ve simantasyon. *Cumhuriyet Üni Diş Hek Fak Derg*, 4, 128-131.
- Öztürk, F., Ersöz, M., Öztürk, S. A., Hatunoğlu, E., Malkoç, S. (2016). Micro-CT evaluation of microleakage under orthodontic ceramic brackets bonded with different bonding techniques and adhesives. *Eur J Orthod*, 38, 163-169.
- Packham, D.E. (1992) *Adhesion*. Handbook of adhesion (Packham DE, ed). Essex, UK, Longman Scientific & Technical, 18-20.
- Pala, K., Tekçe, N., Tuncer, S., Serim, M. E., Demirci, M. (2016). Evaluation of the surface hardness, roughness, gloss and color of composites after different finishing/polishing treatments and thermocycling using a multitechnique approach. *Dent Mater J*, 35, 278–289.
- Pantera, E. A., Jr, Schuster, G. S. (1990). Sterilization of extracted human teeth. *J Dent Educ*, 54, 283–285.
- Pappas, M., Burns, D. R., Moon, P. C., Coffey, J. P. (2005). Influence of a 3-step tooth disinfection procedure on dentin bond strength. *J Prosthet Dent*, 93, 545–550.
- Pashley, D. H. (1996). Dynamics of the pulpo-dentin complex. *Crit Rev Oral Biol Med*, 7, 104–133.
- Pashley, D. H. (2002). *Pulpodentin complex*. Hargreaves KM, Goodis HE, Seltzer S, eds. Seltzer and Bender's dental pulp. 1st edn. Chicago: Quintessence Pub. Co., 63-94.
- Pashley, D. H., Ciucchi, B., Sano, H., Horner, J. A. (1993). Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, 24, 618–631.
- Pashley, D. H., Horner, J. A., Brewer, P. O. (1992). Interactions of conditioners on the dentin surfaces. *Oper Dent*, 17, 127-150.
- Pashley, D. H., Liewehr, F. R. (2006). *Structure and functions of the dentin-pulp complex*. Cohen S, Hargreaves KM, eds. Pathways of the pulp. 9th edn. St. Louis: Mosby Elsevier, 460-513.
- Pashley, D. H., Tay, F. R. (2001). Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater*, 17, 430–444.
- Pashley, D. H., Tay, F. R., Breschi, L., Tjäderhane, L., Carvalho, R. M., Carrilho, M., Tezvergil-Mutluay, A. (2011). State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater*, 27, 1–16.
- Pashley, E. L., Agee, K. A., Pashley, D. H., Tay, F. R. (2002). Effects of one versus two applications of an unfilled, all-in-one adhesive on dentine bonding. *J Dent*, 30, 83–90.
- Perdigão, J. (2007). New developments in dental adhesion. *Dent Clin N Am*, 51, 333-357.
- Perdigão, J., Geraldeli, S. (2003). Bonding characteristics of self-etching adhesives to intact versus prepared enamel. *J Esthet Dent*, 15, 32–42.
- Perdigão, J., Geraldeli, S., Hodges, J. S. (2003). Total-etch versus self-etch adhesive: effect on postoperative sensitivity. *J Am Dent Assoc (1939)*, 134, 1621–1629.
- Perdigão, J., Gomes, G., Gondo, R., Fundingsland, J. W. (2006). In vitro bonding performance of all-in-one adhesives. Part I--microtensile bond strengths. *J Adhes Dent*, 8, 367–373.
- Perdigão, J., Lambrechts, P., van Meerbeek, B., Tomé, A. R., Vanherle, G., Lopes, A. B. (1996). Morphological field emission-SEM study of the effect of six phosphoric acid etching agents on human dentin. *Dent Mater*, 12, 262–271.

- Perdigão, J., Lopes, M. (1999). Dentin bonding--state of the art 1999. *Compend Contin Educ Dent (Jamesburg, N.J.: 1995)*, 20, 1151–1164.
- Perdigão, J., Lopes, M. (1999). Dentin bonding--questions for the new millennium. *J Adhes Dent*, 1, 191–209.
- Perdigão, J., Sezinando, A., Monteiro, P. C. (2012). Laboratory bonding ability of a multi-purpose dentin adhesive. *Am J Dent*, 25, 153–158.
- Perdigao, J., Swift Jr., E. J. (2001). Fundamental Concepts of Enamel and Dentin Adhesion. In T. M. Roberson, H. O. Heymann, & E. J. Swift (Eds.), *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry* (4 ed.). Mosby.
- Perdigão, J., Swift, E. J., Jr (2015). Universal Adhesives. *J Esthet Restor Dent*, 27, 331–334.
- Perdigão, J., Van Meerbeek, B., Lopes, M. M., Ambrose, W. W. (1999). The effect of a re-wetting agent on dentin bonding. *Dent Mater*, 15, 282–295.
- Perez, C., Hirata, R. J., da Silva, A. H., Sampaio, E. M., de Miranda, M. S. (2009). Effect of a glaze/composite sealant on the 3-D surface roughness of esthetic restorative materials. *Oper Dent*, 34, 674–680.
- Perez Davidi, M., Beyth, N., Sterer, N., Feuerstein, O., Weiss, E. I. (2007). Effect of liquid-polish coating on in vivo biofilm accumulation on provisional restorations: part 1. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, 38, 591–596.
- Peumans, M., De Munck, J., Van Landuyt, K. L., Poitevin, A., Lambrechts, P., Van Meerbeek, B. (2010). Eight-year clinical evaluation of a 2-step self-etch adhesive with and without selective enamel etching. *Dent Mater*, 26, 1176–1184.
- Peumans, M., Kanumilli, P., De Munck, J., Van Landuyt, K., Lambrechts, P., Van Meerbeek, B. (2005). Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dent Mater*, 21, 864–881.
- Peutzfeldt A., Asmussen E. (2004). Determinants of in vitro gap formation of resin composites. *J Dent*, 32, 109–115.
- Pilecki, P., Stone, D. G., Sherriff, M., Watson, T. F. (2005). Microtensile bond strengths to enamel of self-etching and one bottle adhesive systems. *J Oral Rehabil*, 32, 531–540.
- Pioch, T., Staehle, H. J., Duschner, H., García-Godoy, F. (2001). Nanoleakage at the composite-dentin interface: a review. *Am J Dent*, 14, 252–258.
- Pioch, T., Staehle, H. J., Wurst, M., Duschner, H., Dörfer, C. (2002). The nanoleakage phenomenon: influence of moist vs dry bonding. *J Adhes Dent*, 4, 23–30.
- Pioch, T., Stotz, S., Staehle, H. J., Duschner, H. (1997). Applications of confocal laser scanning microscopy to dental bonding. *Adv Dent Res*, 11, 453–461.
- Pober, R. (1998). Reporting microhardness data in Scientific publications. *J Dent Res*, 77, 1766.
- Poggio, C., Viola, M., Mirando, M., Chiesa, M., Beltrami, R., Colombo, M. (2018). Microhardness of different esthetic restorative materials: Evaluation and comparison after exposure to acidic drink. *Dent Res J*, 15, 166–172.
- Pongprueksa, P., Kuphasuk, W., Senawongse, P. (2007). Effect of elastic cavity wall and occlusal loading on microleakage and dentin bond strength. *Oper Dent*, 32, 466–475.

- Powis, D. R., Prosser, H. J., Shortall, A. C., Wilson, A. D. (1988). Long-term monitoring of microleakage of composites. Part I: Radiochemical diffusion technique. *J Prosthet Dent*, 60, 304-307.
- Pradelle-Plasse, N., Wenger, F., Picard, B., Colon, P. (2004). Evaluation of microleakage of composite resin restorations by an electrochemical technique: the impedance methodology. *Dent Mater*, 20, 425-434.
- Prakki, A., Ribeiro, I. W., Cilli, R., Mondelli, R. F. (2005). Assessing the tooth-restoration interface wear resistance of two cementation techniques: effect of a surface sealant. *Oper Dent*, 30, 739-746.
- Quance, S.C., Shortall, A.C., Harrington, E., Lumley, P.J. (2001). Effect of exposure intensity and postcure temperature storage on hardness of contemporary photo activated composites. *J Dent*, 29, 553-560.
- Ramos, R. P., Chimello, D. T., Chinelatti, M. A., Dibb, R. G., Mondelli, J. (2000). Effect of three surface sealants on marginal sealing of Class V composite resin restorations. *Oper Dent*, 25, 448-453.
- Ramos, R. P., Chinelatti, M. A., Chimello, D. T., Dibb, R. G. (2002). Assessing microleakage in resin composite restorations rebonded with a surface sealant and three low-viscosity resin systems. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, 33, 450-456.
- Raskin, A., D'Hoore, W., Gonthier, S., Degrange, M., Déjou, J. (2001). Reliability of in vitro microleakage tests: a literature review. *J Adhes Dent*, 3, 295-308.
- Reid, J. S., Saunders, W. P., Chen, Y. Y. (1991). The effect of bonding agent and fissure sealant on microleakage of composite resin restorations. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, 22, 295-298.
- Reis, A., de Carvalho Cardoso, P., Vieira, L. C., Baratieri, L. N., Grande, R. H., Loguercio, A. D. (2008). Effect of prolonged application times on the durability of resin-dentin bonds. *Dent Mater*, 24, 639-644.
- Reis, A. F., Giannini, M., Lovadino, J. R., dos Santos Dias, C. T. (2002). The effect of six polishing systems on the surface roughness of two packable resin-based composites. *Am J Dent*, 15, 193-197.
- Reis, A., Moura, K., Pellizzaro, A., Dal-Bianco, K., de Andrade, A. M., Loguercio, A. D. (2009). Durability of enamel bonding using one-step self-etch systems on ground and unground enamel. *Oper Dent*, 34, 181-191.
- Rizzante, F., Locatelli, P. M., Porto, T. S., Borges, A., Mondelli, R., Ishikiriama, S. K. (2018). Physico-mechanical properties of resin cement light cured through different ceramic spacers. *J Mech Behav Biomed Mater*, 85, 170-174.
- Rizzante, F. A., Bombonatti, J. S., Vasconcelos, L., Porto, T. S., Teich, S., Mondelli, R. F. (2019). Influence of resin-coating agents on the roughness and color of composite resins. *J Prosthet Dent*, 122, 332.
- Robenson, T.M., Heymann, H.O., Swift, E.J. (2011). *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. 5.Baski, Ostim; Ankara, 138-49.
- Roberson, T.M., Heymann, H.O., Swift, E.J. Jr. (2005). *Sturdevant's Art and science of operative dentistry*. Fifth Edition. St. Louis, Missouri, Elsevier Mosby.

- Robinson, C. (1984). Dynamics of amelogenesis as revealed by protein compositional studies. *The chemistry and biology of mineralised tissues*, 248-263.
- Roeder, L. B., Tate, W. H., Powers, J. M. (2000). Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of packable composites. *Oper Dent*, 25, 534-543.
- Rueggeberg, F. A., Margeson, D. H. (1990). The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res*, 69, 1652-1658.
- Ryba, T. M., Dunn, W. J., Murchison, D. F. (2002). Surface roughness of various packable composites. *Oper Dent*, 27, 243-247.
- Sabel, N. (2012). Enamel of primary teeth-morphological and chemical aspects. *Swed Dent J Suppl*, 1-77.
- Sadeghi, M., Davari, A., Lynch, C. D. (2013). The effect of re-bonding using surface sealant or adhesive system on microleakage of class V resin composite restorations. *Dent Res J*, 10, 596-601.
- Sakaguchi, R. L., Douglas, W. H., Peters, M. C. (1992). Curing light performance and polymerization of composite restorative materials. *J Dent*, 20, 183-188.
- Sakaguchi, R. L., Ferracane, J. L. (1998). Stress transfer from polymerization shrinkage of a chemical-cured composite bonded to a pre-cast composite substrate. *Dent Mater*, 14, 106-111.
- Sandhu, S. V., Tiwari, R., Bhullar, R. K., Bansal, H., Bhandari, R., Kakkar, T., Bhusri, R. (2012). Sterilization of extracted human teeth: A comparative analysis. *J Oral Biol Craniofac Res*, 2, 170-175.
- Sano, H., Shono, T., Takatsu, T., Hosoda, H. (1994). Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. *Oper Dent*, 19, 59-64.
- Sarac, D., Sarac, Y. S., Kulunk, S., Ural, C., Kulunk, T. (2006). The effect of polishing techniques on the surface roughness and color change of composite resins. *J Prosthet Dent*, 96, 33-40.
- Saraç, D., Saraç, Ş., Külünk, Ş., Kural, Ç., Külünk, T. (2006). Farklı inorganik doldurucu içerikli kompozit rezinlerin renk sabitliği üzerinde polisaj yöntemlerinin ve yüzey verniği uygulamasının etkisi. *Gazi Üni Diş Hek Fak Derg*, 23, 169-175.
- Sarikaya, I., Güler, A. U. (2010). Effects of different polishing techniques on the surface roughness of dental porcelains. *J Appl Oral Sci*, 18, 10-16.
- Saygi, G., Karakoc, P., Serbes, I., Erdemir, U., Yucel, T. (2015). Effect of surface sealing on stain resistance of a nano-hybrid resin composite. *J Istanbul Univ Fac Dent*, 49, 23-30.
- Schmidlin, P. R., Göhring, T. N. (2004). Finishing tooth-colored restorations in vitro: an index of surface alteration and finish-line destruction. *Oper Dent*, 29, 80-86.
- Schmitt, V.L., Puppini-Rontani, R.M., Naufel, F.S., Ludwig, D., Ueda, J.K., Sobrinho, L.C. (2011). Effect of finishing and polishing techniques on the surface roughness of a nanoparticle composite resin. *Braz J Oral Sci*, 10, 105-108.
- Schwartz, R.S. S.J., Robbins, W., Santos, J.D. (1996). *Fundamentals of Operative Dentistry*. USA: Quintessence Publishing Co, Inc.
- Sen, D., Göller, G., Işsever, H. (2002). The effect of two polishing pastes on the surface roughness of bis-acryl composite and methacrylate-based resins. *J Prosthet Dent*, 88, 527-532.

- Senawongse, P., Pongprueksa, P. (2007). Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. *J Esthet Restor Dent*, 19, 265–275.
- Setcos, J. C., Tarim, B., Suzuki, S. (1999). Surface finish produced on resin composites by new polishing systems. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, 30, 169–173.
- Shimada, Y., Sadr, A., Sumi, Y., Tagami, J. (2015). Application of optical coherence tomography (OCT) for diagnosis of caries, cracks, and defects of restorations. *Curr Oral Health Rep*, 2, 73–80.
- Sidhu, S. K. (1992). Sealing effectiveness of light-cured glass ionomer cement liners. *J Prosthet Dent*, 68, 891–894.
- Silikas, N., Kavvadia, K., Eliades, G., Watts, D. (2005). Surface characterization of modern resin composites: a multitechnique approach. *Am J Dent*, 18, 95–100.
- Silikas, N., Lennie, A.R., England, K., Watts, D.C. (2001). AFM as a tool in Dental Research. *Microscopy and Analysis*, 19–21.
- Silva Santana, S. V., Bombana, A. C., Flório, F. M., Basting, R. T. (2009). Effect of surface sealants on marginal microleakage in Class V resin composite restorations. *J Esthet Restor Dent*, 21, 397–404.
- Silveira de Araújo, C., Incerti da Silva, T., Ogliari, F. A., Meireles, S. S., Piva, E., Demarco, F. F. (2006). Microleakage of seven adhesive systems in enamel and dentin. *J Contemp Dent Pract*, 7, 26–33.
- Silverstone, L. M. (1974). Fissure sealants. Laboratory studies. *Caries Res*, 8, 2–26.
- Silverstone, L. M., Saxton, C. A., Dogon, I. L., Fejerskov, O. (1975). Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. *Caries Res*, 9, 373–387.
- Sirin Karaarslan, E., Bulbul, M., Yildiz, E., Secilmis, A., Sari, F., Usumez, A. (2013). Effects of different polishing methods on color stability of resin composites after accelerated aging. *Dent Mater J*, 32, 58–67.
- Smulson, M., Sieraski, S.M. (1989). *Histopathology and diases of the dental pulp*. Weine FS, ed. Endodontic therapy. St. Louis: The C.V. Mosby Company, 74–153.
- Sofan, E., Sofan, A., Palaia, G., Tenore, G., Romeo, U., Migliau, G. (2017). Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Ann Stomatol*, 8, 1–17.
- Song, M., Shin, Y., Park, J. W., Roh, B. D. (2015). A study on the compatibility between one-bottle dentin adhesives and composite resins using micro-shear bond strength. *Restor Dent Endod*, 40, 30–36.
- Sonugelen, M., Artunç, C., Güngör, M. A. (2000). Farklı yöntemlerle polimerize edilen estetik restoratif materyallerde aşınma ve sertliğin incelenmesi. *E Ü Diş Hek Fak Derg*, 21, 1–10.
- Soto-Montero, J., Nima, G., Rueggeberg, F. A., Dias, C. T., Giannini, M. (2020). Influence of multiple peak light-emitting-diode curing unit beam homogenization tips on microhardness of resin composites. *Oper Dent*, 45, 327–338.
- Sönmez, I.Ş., Oba, A.A., Ekici, S. (2008). Farklı posterior kompozit rezin materyallerin mikrosertlik özelliklerinin değerlendirilmesi. *A Ü Diş Hek Fak Derg*, 35, 61–66.

- Spencer, P., Swafford, J. R. (1999). Unprotected protein at the dentin-adhesive interface. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, 30, 501–507.
- Spreafico, R. C., Gagliani, M. (2000). Composite resin restorations on posterior teeth. *Roulet JF, Degrange M. Adhesion: the silent revolution in dentistry. Chicago: Quintessence*, 253-276.
- Stavridakis, M. M., Dietschi, D., Krejci, I. (2005). Polymerization shrinkage of flowable resin-based restorative materials. *Oper Dent*, 30, 118–128.
- St-Georges, A. J., Bolla, M., Fortin, D., Muller-Bolla, M., Thompson, J. Y., Stamatiades, P. J. (2005). Surface finish produced on three resin composites by new polishing systems. *Oper Dent*, 30, 593–597.
- Stockton, L. W., Tsang, S. T. (2007). Microleakage of Class II posterior composite restorations with gingival margins placed entirely within dentin. *J Can Dent Assoc*, 73, 255.
- Subramaniam, P., Pandey, A. (2016). Assessment of Microleakage of a Composite Resin Restoration in Primary Teeth Following Class III Cavity Preparation Using Er, Cr: YSGG laser: An In Vitro Study. *J Lasers Med Sci*, 7, 172–176.
- Sumikawa, D. A., Marshall, G. W., Gee, L., Marshall, S. J. (1999). Microstructure of primary tooth dentin. *Pediatr Dent*, 21, 439–444.
- Sun, J., Lin-Gibson, S. (2008). X-ray microcomputed tomography for measuring polymerization shrinkage of polymeric dental composites. *Dent Mater*, 24, 228–234.
- Suzuki, T., Takamizawa, T., Barkmeier, W.W., Tsujimoto, A., Endo, H., Erickson, R.L., Latta, M.A., Miyazaki, M. (2016). Influence of etching mode on enamel bond durability of universal adhesive systems. *Oper Dent*, 46, 520– 530.
- Swain, M. V., Xue, J. (2009). State of the art of Micro-CT applications in dental research. *Int J Oral Sci*, 1, 177–188.
- Swanson, T. K., Feigal, R. J., Tantbirojn, D., Hodges, J. S. (2008). Effect of adhesive systems and bevel on enamel margin integrity in primary and permanent teeth. *Pediatr Dent*, 30, 134–140.
- Swift, E. J. (2002). Dentin/enamel adhesives: review of the literature. *Pediatr Dent*, 24, 456-461.
- Swift, E. J., Jr (1998). Bonding systems for restorative materials--a comprehensive review. *Pediatr Dent*, 20, 80–84.
- Swift Jr, E. J., Perdigão, J., Heymann, H. O. (1998). Enamel bond strengths of " one-bottle" adhesives. *Pediatr Dent*, 20, 259-262.
- Swift, E. J., Jr, Perdigão, J., Heymann, H. O. (1995). Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art, 1995. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, 26, 95–110.
- Swift Jr, E. J., Ritter, A. V., Heymann, H. O., Sturdevant, J. R., Wilder Jr, A. D. (2008). 36-month clinical evaluation of two adhesives and microhybrid resin composites in Class I restorations. *Am J Dent*, 21, 148-152.
- Szabó, B., Garoushi, S., Brauntzter, G., Baráth, Z., Fráter, M. (2019). Fracture behavior of root-amputated teeth at different amount of periodontal support—a preliminary in vitro study. *Bmc Oral Health*, 19, 261.
- Szöke, J., Petersen, P. E. (2000). Evidence for dental caries decline among children in an East European country (Hungary). *Community Dent Oral Epidemiol*, 28, 155–160.

- Tabata, T., Shimada, Y., Sadr, A., Tagami, J., Sumi, Y. (2017). Assessment of enamel cracks at adhesive cavosurface margin using three-dimensional swept-source optical coherence tomography. *J Dent*, 61, 28–32.
- Takamizawa, T., Barkmeier, W. W., Tsujimoto, A., Berry, T. P., Watanabe, H., Erickson, R. L., Latta, M. A., Miyazaki, M. (2016). Influence of different etching modes on bond strength and fatigue strength to dentin using universal adhesive systems. *Dent Mater*, 32, 9–21.
- Takamizawa, T., Barkmeier, W. W., Tsujimoto, A., Scheidel, D. D., Watanabe, H., Erickson, R. L., Latta, M. A., Miyazaki, M. (2015). Influence of water storage on fatigue strength of self-etch adhesives. *J Dent*, 43, 1416–1427.
- Takeuchi, C. Y., Flores, V. O., Dibb, R. P., Panzeri, H., Lara, E. H., Dinelli, W. (2003). Assessing the surface roughness of a posterior resin composite: effect of surface sealing. *Oper Dent*, 28, 281–286.
- Tangsgoolwatana, J., Cochran, M. A., Moore, B. K., Li, Y. (1997). Microleakage evaluation of bonded amalgam restorations: confocal microscopy versus radioisotope. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, 28, 467–477.
- Tarim, B., Hafez, A. A., Cox, C. F. (1998). Pulpal response to a resin-modified glass-ionomer material on nonexposed and exposed monkey pulps. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, 29, 535–542.
- Tay, F. R., King, N. M., Chan, K. M., Pashley, D. H. (2002). How can nanoleakage occur in self-etching adhesive systems that demineralize and infiltrate simultaneously?. *J Adhes Dent*, 4, 255–269.
- Tay, F. R., Pashley, D. H. (2001). Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater*, 17, 296–308.
- Tay, F. R., Pashley, D. H. (2003). Have dentin adhesives become too hydrophilic?. *J Can Dent Assoc*, 69, 726–731.
- Tay, F. R., Pashley, D. H., Kapur, R. R., Carrilho, M. R., Hur, Y. B., Garrett, L. V., Tay, K. C. (2007). Bonding BisGMA to dentin—a proof of concept for hydrophobic dentin bonding. *J Dent Res*, 86, 1034–1039.
- Taylor, M. J., Lynch, E. (1992). Microleakage. *J Dent*, 20, 3–10.
- T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ağız ve Diş Sağlığı Dairesi Başkanlığı Türkiye Ağız Diş Sağlığı Profili Araştırma Raporu- 2018
- Tekçe, N., Pala, K., Tuncer, S., Demirci, M. (2017). The effect of surface sealant application and accelerated aging on posterior restorative surfaces: An SEM and AFM study. *Dent Mater J*, 36, 182–189.
- Tinanoff, N., Baez, R.J., Diaz Guillory, C., Donly, K.J., Feldens, C.A., McGrath, C., Phantumvanit, P., Pitts, N.B., Seow, W.K., Sharkov, N., Songpaisan, Y., Twetman, S. (2019). Early childhood caries epidemiology, aetiology, risk assessment, societal burden, management, education, and policy: Global perspective. *Int J Pediatr Dent*, 29, 238–248.
- Tjan, A. H., Bergh, B. H., Lidner, C. (1992). Effect of various incremental techniques on the marginal adaptation of class II composite resin restorations. *J Prosthet Dent*, 67, 62–66.
- Tjan, A. H., Tan, D. E. (1991). Microleakage at gingival margins of Class V composite resin restorations rebonded with various low-viscosity resin systems. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, 22, 565–573.

- Tran, L. A., Messer, L. B. (2003). Clinicians' choices of restorative materials for children. *Aust Dent J*, 48, 221–232.
- Tredwin, C. J., Stokes, A., Moles, D. R. (2005). Influence of flowable liner and margin location on microleakage of conventional and packable class II resin composites. *Oper Dent*, 30, 32–38.
- Tsenova-Ilieva I., Karova E. (2020). Application of Atomic Force Microscopy in Dental Investigations. *Int J Sci Res*, 9, 1319–1326.
- Tulunoglu, O., Ayhan, H., Olmez, A., Bodur, H. (1998). The effect of cavity disinfectants on microleakage in dentin bonding systems. *J Clin Pediatr Dent*, 22, 299–305.
- Turssi, C.P., Ferracane, J.I., Serra, M.C. (2005). Abrasive wear of resin composites as related to finishing and polishing procedures. *Dent Mater*, 21, 641–648.
- Türk, A. G., Sabuncu, M., Ünal, S., Önal, B., Ulusoy, M. (2016). Comparison of the marginal adaptation of direct and indirect composite inlay restorations with optical coherence tomography. *J Appl Oral Sci*, 24, 383–390.
- Türkün, L.Ş., Ergücü, Z. (2004). Estetik Restoratif Materyallerin Mikrosızıntı Çalışmalarında Kullanılan Gereç ve Yöntemlerin Karşılaştırılması. *GÜ Diş Hek Fak Derg*, 21, 143-151.
- Türkün, L.Ş., Gökay, N. (2002). Poliasit modifiye kompozit rezin materyallerin aşınma ve sertlik özelliklerinin hibrit bir kompozitle karşılaştırılması. *Ege Üni Diş Hek Fak Derg*, 23, 137-143.
- Türkün, L.S., Türkün, M. (2004). The effect of one-step polishing system on the surface roughness of three esthetic resin composite materials. *Oper Dent*, 29, 203-11.
- Uçtaşı, M. B., Arisu, H. D., Omürlü, H., Eligüzeloğlu, E., Ozcan, S., Ergun, G. (2007). The effect of different finishing and polishing systems on the surface roughness of different composite restorative materials. *J Contemp Dent Pract*, 8, 89–96.
- Uçtaşı, M. B., Bala, O., Güllü, A. (2004). Surface roughness of flowable and packable composite resin materials after finishing with abrasive discs. *J Oral Rehabil*, 31, 1197–1202.
- Unterbrink, G. L., Liebenberg, W. H. (1999). Flowable resin composites as "filled adhesives": literature review and clinical recommendations. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, 30, 249–257.
- Urquía-Morales, C., Brasca, N., Girardi, M., Bonnin, C., Ríos, A., Girardi, I., Delgado, A. (2017). Influence of Surface Sealants on Microleakage in Composite Restorations. *Int J Odontostomatol*, 467–473.
- Ursavaş, B.B., Acar, Ş.A., Günal, E., Göçer, A.R., Bezgin, T. (2020). Universal Adezivin Tek/Çift Kat Uygulanmasının Bağlanma Dayanımı Üzerine Etkisi. *AÜ Diş Hek Fak Derg*, 47, 81–88.
- Uzel, İ. (2012). *Yüzey Örtücü ile Kaplanmış Kompomer ve Cam İyonomer Simanın İn-Vivo ve İn-Vitro Koşullarda Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi*. Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Pedodonti Anabilim Dalı Programı Doktora Tezi İzmir.
- Vaidyanathan, J., Vaidyanathan, T. K., Wang, Y., Viswanadhan, T. (1992). Thermoanalytical characterization of visible light cure dental composites. *J Oral Rehabil*, 19, 49–64.
- Van Dijken, J. W., Sunnegårdh-Grönberg, K., Lindberg, A. (2007). Clinical long-term retention of etch-and-rinse and self-etch adhesive systems in non-carious cervical lesions. A 13 years evaluation. *Dent Mater*, 23, 1101–1107.
- Van Landuyt, K., De Munck, J., Coutinho, E., Peumans, M., Lambrechts, P., Van Meerbeek, B. (2005).

Bonding to dentin: Smear layer and the process of hybridization. Dental hard tissues and bonding interfacial phenomena and related properties (Eliades G, Watts DC, Eliades T, ed). Berlin: Springer; 89-122.

- Van Meerbeek, B., Conn Jr, L. J., Duke, E. S., Eick, J. D., Robinson, S. J., Guerrero, D. (1996). Correlative transmission electron microscopy examination of nondemineralized and demineralized resin-dentin interfaces formed by two dentin adhesive systems. *J Dent Res*, 75, 879–888.
- Van Meerbeek, B., De Munck, J., Mattar, D., Van Landuyt, K., Lambrechts, P. (2003). Microtensile bond strengths of an etch&rinse and self-etch adhesive to enamel and dentin as a function of surface treatment. *Oper Dent*, 28, 647–660.
- Van Meerbeek, B., De Munck, J., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Vijay, P., Vanherle, G. (2003). Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*, 28, 215-235.
- Van Meerbeek, B., Inokoshi, S., Braem, M., Lambrechts, P., Vanherle, G. (1992). Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res*, 71, 1530–1540.
- Van Meerbeek, B., Inoue, S., Perdigao, J., Lambrechts, P., Vanherle, G. (2001). *Enamel and dentin adhesion. Fundamentals of operative dentistry* (Summitt JB, Robbins JW, Schwartz RS, ed). Second edition. Carol Stream, Quintessence;178-235.
- Van Meerbeek, B., Lambrechts, P., Inokoshi, S., Braem, M., Vanherle, G. (1992). Factors affecting adhesion to mineralized tissues. *Oper Dent*, 5, 111–124.
- Van Meerbeek, B., Perdigao, J., Lambrechts, P., Vanherle, G. (1996). *Enamel and dentin adhesion. Fundamentals of Operative Dentistry A Contemporary Approach*, 141-86.
- Van Meerbeek, B., Perdigão, J., Lambrechts, P., Vanherle, G. (1998). The clinical performance of adhesives. *J Dent*, 26, 1–20.
- Van Meerbeek, B., Vargas, M., Inoue, S., Yoshida, Y., Peumans, M., Lambrechts, P., Vanherle, G. (2001). Adhesives and cements to promote preservation dentistry. *Oper Dent*, 26, 119–144.
- Van Meerbeek, B., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Abe, Y., Fukuda, R., et al (2000). Bonding mechanism and micro-tensile bond strength of a 4-MET-based self-etching adhesive. *J Dent Res*, 79, 845–249.
- Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Yoshida, Y., Mine, A., De Munck, J., Van Landuyt, K. L. (2011). State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater*, 27, 17–28.
- Versluis, A., Douglas, W. H., Cross, M., Sakaguchi, R. L. (1996). Does an incremental filling technique reduce polymerization shrinkage stresses?. *J Dent Res*, 75, 871–878.
- Von Beetzen, M., Li, J., Nicander, I., Sundström, F. (1993). Microhardness and porosity of Class 2 light-cured composite restorations cured with a transparent cone attached to the light-curing wand. *Oper Dent*, 18, 103–109.
- Wagner, A., Wendler, M., Petschelt, A., Belli, R., Lohbauer, U. (2014). Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *J Dent*, 42, 800–807.
- Whitehead, S. A., Shearer, A. C., Watts, D. C., Wilson, N. H. (1999). Comparison of two stylus methods for measuring surface texture. *Dent Mater*, 15, 79–86.

- Wassell, R. W., McCabe, J. F., Walls, A. W. (1992). Subsurface deformation associated with hardness measurements of composites. *Dent Mater*, 8, 218–223.
- Wassell, R. W., McCabe, J. F., Walls, A. W. (1994). Wear characteristics in a two-body wear test. *Dent Mater*, 10, 269–274.
- Watson, T. F. (1994). Applications of high-speed confocal imaging techniques in operative dentistry. *Scanning*, 16, 168–173.
- Watts, D. C., Marouf, A. S. (2000). Optimal specimen geometry in bonded-disk shrinkage-strain measurements on light-cured biomaterials. *Dent Mater*, 16, 447–451.
- Whittaker, D. K. (1982). Structural variations in the surface zone of human tooth enamel observed by scanning electron microscopy. *Arch Oral Biol*, 27, 383–392.
- Wilder, A. D., Jr, Swift, E. J., Jr, May, K. N., Jr, Thompson, J. Y., McDougal, R. A. (2000). Effect of finishing technique on the microleakage and surface texture of resin-modified glass ionomer restorative materials. *J Dent*, 28, 367–373.
- Willems, G., Celis, J. P., Lambrechts, P., Braem, M., Vanherle, G. (1993). Hardness and Young's modulus determined by nanoindentation technique of filler particles of dental restorative materials compared with human enamel. *J Biomed Mater Res*, 27, 747–755.
- Wu, W., Cobb, E. N. (1981). A silver staining technique for investigating wear of restorative dental composites. *J Biomed Mater Res*, 15, 343–348.
- Yap, A. U. J., Wong, M. L., Lim, A. C. Y. (2000). The effect of polishing systems on microleakage of tooth-coloured restoratives. Part 2: Composite and polyacid-modified composite resins. *J Oral Rehabil*, 27, 205–210.
- Yap, A. U., Lye, K. W., Sau, C. W. (1997). Surface characteristics of tooth-colored restoratives polished utilizing different polishing systems. *Oper Dent*, 22, 260–265.
- Yap, A. U., Mok, B. Y. (2002). Surface finish of a new hybrid aesthetic restorative material. *Oper Dent*, 27, 161–166.
- Yap, A. U., Tan, S., Teh, T. Y. (2000). The effect of polishing systems on microleakage of tooth coloured restoratives: Part 1. Conventional and resin-modified glass-ionomer cements. *J Oral Rehabil*, 27, 117–123.
- Yap, A. U., Tan, S. H., Wee, S. S., Lee, C. W., Lim, E. L., Zeng, K. Y. (2001). Chemical degradation of composite restoratives. *J Oral Rehabil*, 28, 1015–1021.
- Yap, A. U., Yap, S. H., Teo, C. K., Ng, J. J. (2004). Finishing/polishing of composite and compomer restoratives: effectiveness of one-step systems. *Oper Dent*, 29, 275–279.
- Yap, A. U., Yap, W. Y., Yeo, E. J., Tan, J. W., Ong, D. S. (2003). Effects of finishing/polishing techniques on microleakage of resin-modified glass ionomer cement restorations. *Oper Dent*, 28, 36–41.
- Yavuz, I., Atakul, F. (2001). Evaluation of microleaking in different in vitro restorations of cow permanent teeth. *Balkan J Stomatol*, 5, 42–45.
- Yavuz, I., Tumen, E. C., Kaya, C. A., Dogan, M. S., Gunay, A., Unal, M., Bahsi, E. (2013). The reliability of microleakage studies using dog and bovine primary teeth instead of human primary teeth. *Eur J Pediatr Dent*, 14, 42–46.

- Yazici, A. R., Kiremitçi, A., Celik, C., Ozgünaltay, G., Dayangaç, B. (2006). A two-year clinical evaluation of pit and fissure sealants placed with and without air abrasion pretreatment in teenagers. *J Am Dent Assoc (1939)*, 137, 1401–1405.
- Yıldız, E., Şimşek, M., Gündoğar, Z., Aktan, A. M. (2015). Oral health survey of children referring to Faculty of Dentistry in Gaziantep. *Gaziantep Med J*, 21, 118–24.
- Yikilgan, İ., Kamak, H., Akgul, S., Ozcan, S., Bala, O. (2017). Effects of three different bleaching agents on microhardness and roughness of composite sample surfaces finished with different polishing techniques. *J Clin Exp Dent*, 9, 460–465.
- Yoonis, E., Kukletová, M. (2009). Tooth-colored dental restorative materials in primary dentition. *Scr Med*, 82, 108–114.
- Yoshida, Y., Nagakane, K., Fukuda, R., Nakayama, Y., Okazaki, M., Shintani, H., Inoue, S., Tagawa, Y., Suzuki, K., De Munck, J., Van Meerbeek, B. (2004). Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res*, 83, 454–458.
- Yoshida, Y., Van Meerbeek, B., Nakayama, Y., Snauwaert, J., Hellemans, L., Lambrechts, P., Vanherle, G., Wakasa, K. (2000). Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *J Dent Res*, 79, 709–714.
- Yoshida, Y., Van Meerbeek, B., Nakayama, Y., Yoshioka, M., Snauwaert, J., Abe, Y., Lambrechts, P., Vanherle, G., Okazaki, M. (2001). Adhesion to and decalcification of hydroxyapatite by carboxylic acids. *J Dent Res*, 80, 1565–1569.
- Yoshida, Y., Yoshihara, K., Nagaoka, N., Hayakawa, S., Torii, Y., Ogawa, T., Osaka, A., Meerbeek, B. V. (2012). Self-assembled Nano-layering at the Adhesive interface. *J Dent Res*, 91, 376–381.
- Zaimoğlu, A., Can, G., Ersoy, E., Aksu, L. (1993). *Diş hekimliğinde Maddeler Bilgisi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi, 25-54.
- Zaimoğlu, L. (1985). Mikrodoldurucu Oranı Farklı iki Kompozit Dolgunun Mekanik Özellikleri, *A Ü Diş Hek Fak Derg*, 12, 601–615.
- Zeiger, D. N., Sun, J., Schumacher, G. E., Lin-Gibson, S. (2009). Evaluation of dental composite shrinkage and leakage in extracted teeth using X-ray microcomputed tomography. *Dent Mater*, 25, 1213–1220.
- Zhao, X. Y., Li, S. B., Gu, L. J., Li, Y. (2014). Detection of marginal leakage of Class V restorations in vitro by micro-computed tomography. *Oper Dent*, 39, 174–180.
- Zhou, J., Tan, J., Yang, X., Cheng, C., Wang, X., Chen, L. (2010). Effect of chlorhexidine application in a self-etching adhesive on the immediate resin-dentin bond strength. *J Adhes Dent*, 12, 27–31.
- Zimmerli, B., Lussi, A., Flury, S. (2011). Operator variability using different polishing methods and surface geometry of a nanohybrid composite. *Oper Dent*, 36, 52–59.
- Zivkovic, S. BS., Pavlica, D. (2001). Bacterail penetration of restored cavities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 34, 547–553.

EKLER

Ek-1: Etik Kurul Başvuru Onayı



ÖZGEÇMİŞ

I- Bireysel Bilgiler

Adı : Ayşe Ruveyda
Soyadı : GÖÇER

II- Eğitim Bilgileri

İlköğretim: 2000-2008 Ali Elmacı İlköğretim Okulu

Lise: 2008-2012 Mustafa Koyuncu Anadolu Öğretmen Lisesi

Üniversite: 2012-2017 Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Yabancı dili: İngilizce

III- Akademik ve Mesleki Deneyim

Diş Hekimi: 2018-Aralık- Niğde Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi

Araştırma Görevlisi/Uzmanlık Öğrencisi: 2019- Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı

IV- Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar

1. Türk Pedodonti Derneği (TPD)

V- Ulusal ve Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Takdim Edilen ve Bildiri Kitabında Basılan Poster ve Sunumlar

1. Ursavaş, B. B., Günal, E., Acar, Ş. N., Göçer, A. R., Bezgin, T. (2020). Universal Adezivin Tek/Çift Kat Uygulanmasının Bağlanma Dayanımı Üzerine Etkisi. Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 47 (1-3), 81-88.

VI- Katıldığı Bilimsel Etkinlikler, Toplantılar ve Kurslar

1. Türk Pedodonti Derneği 26. Bilimsel Kongresi, 10-13 Ekim 2019 Antalya

