

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PEDODONTİ ANABİLİM DALI**

**İKİ FARKLI TEKNİKLE UYGULANAN
ÜÇ FARKLI KOMPOZİT REZİN MATERYALİN
MİKROSIZINTI ÖZELLİKLERİNİN İN VİTRO OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

TANYEL ÖZKAN

ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Aylin AKBAY OBA

2021 - KIRIKKALE

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PEDODONTİ ANABİLİM DALI**

**İKİ FARKLI TEKNİKLE UYGULANAN
ÜÇ FARKLI KOMPOZİT REZİN MATERYALİN
MİKROSİZİNTİ ÖZELLİKLERİNİN İN VİTRO OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

TANYEL ÖZKAN

ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Aylin AKBAY OBA

Bu çalışma Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No : 2020/093

2021 - KIRIKKALE

Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Pedodonti Ana Bilim Dalında Uzmanlık Programı çerçevesinde yürütölmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 30/04/2021

Prof. Dr. Aylin AKBAY OBA
Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Faköltesi
Jüri Başkanı
Danışman

Prof. Dr. Çiğdem Çelik
Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği
Faköltesi
Üye

Doç. Dr. Volkan ARIKAN
Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği
Faköltesi
Üye

Doç. Dr. Merve ERKMEN ALMAZ
Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği
Faköltesi
Üye

Dr. Öğr. Üyesi Kıymet Pınar KARATABAN
Bahçeşehir Üniversitesi, Diş Hekimliği
Faköltesi
Üye

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
ÖNSÖZ	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR	VI
TABLolar	IX
ÇİZELGELER	X
ŞEKİLLER	XI
ÖZET	XII
SUMMARY	I
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kompozit Rezin Materyaller	3
2.1.1. Kompozit Rezin Materyallerin Yapısı	4
2.1.1.1. Organik Faz	4
2.1.1.2. İnorganik faz	7
2.1.1.3. Ara faz	7
2.1.2. Kompozit Rezin Materyallerin Sınıflandırılması	8
2.1.2.1. Doldurucu Büyüklüğüne Göre Kompozit Rezin Materyallerin Sınıflandırılması	8
2.1.2.2. Polimerizasyon Yöntemlerine Göre Kompozit Rezin Materyallerin Sınıflandırılması	12
2.1.2.3. Viskozitelerine Göre Kompozit Rezin Materyallerin Sınıflandırılması	13

2.2. Adeziv Sistemler	15
2.2.1. Adezyon	15
2.2.2. Diş Dokusuna Bağlanma	16
2.2.3. Adeziv Sistemlerin Sınıflandırılması	17
2.2.3.1. Tarihsel Gelişimlerine Göre Adeziv sistemlerin sınıflandırılması	17
2.2.3.2. Uygulama Aşama Sayısına Göre Adeziv Sistemlerin Sınıflandırılması	20
2.2.3.3. Adeziv ile Mine ve Dentin Arasındaki İlişkiye Göre Adeziv Sistemlerin Sınıflandırılması	20
2.3. Kompozit Resin Materyallerdeki Güncel Gelişmeler	22
2.3.1. Ormoserler	22
2.3.2. İyon Salabilen ve Antibakteriyel Kompozit Resin Materyaller	23
2.3.3. Self-Adeziv Kompozit Resin Materyaller	24
2.3.4. Siloran Bazlı Kompozit Resin Materyaller	25
2.3.5. Fiberle Güçlendirilmiş Kompozit Resin Materyaller	27
2.3.6. Bulk Fill Kompozit Resin Materyaller	29
2.3.7. Giomerler	32
2.4. Stamp Tekniği	33
2.5. Kompozit Resin Restorasyonlarda Başarısızlık Nedenleri	36
2.5.1. Polimerizasyon Büzülmesi	36
2.5.2. Sekonder Çürük	38
2.5.3. Postoperatif Hassasiyet	39
2.5.4. Su Absorbsiyonu ve Suda Çözünürlük	39
2.5.5. Mikrosızıntı	40
2.6. Mikrosızıntı Tespit Yöntemleri	41
2.6.1. Klinik Tespit Yöntemleri	41
2.6.2. İn Vitro Tespit Yöntemleri	42
2.6.2.1. Boya Penetrasyon Yöntemi	42
2.6.2.2. Nötron Aktivasyon Analizi	44
2.6.2.3. Radyoaktif İzotop Yöntemi	44
2.6.2.4. Elektrokimyasal Yöntem	45

2.6.2.5. Kimyasal Ajanların Kullanılması	46
2.6.2.6. Bakteriyel Sızıntı Yöntemi	46
2.6.2.7. Sıvı Filtrasyon Tekniği (Hava Basıncı Yöntemi)	47
2.6.2.8. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) Analiz Tekniği	47
2.6.3. Ağız İçi Koşulları Taklit Etmek İçin Kullanılan Test Yöntemleri	48
2.6.4.1. Termal Siklus ile Yaşlandırma Yöntemi	48
2.6.4.2. Bekletme ile Yaşlandırma Yöntemi	49
2.6.4.3. Okluzal Yükleme ile Yaşlandırma Yöntemi	49
3. GEREÇ - YÖNTEM	50
3.1. Etik Kurul Onayı ve Gerekli Resmi İzinler	50
3.2. Doğal Dişlerin Toplanması	50
3.3. Örneklerin Hazırlanması	51
3.4. Mikrosızıntı Testi ve Görüntü Analizi	59
3.5. İstatistiksel Analiz	62
4. BULGULAR	63
4.1. Mikrosızıntı Bulgularının Değerlendirilmesi	63
4.2. Süre Bulgularının Değerlendirilmesi	71
5. TARTIŞMA	77
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	89
7. KAYNAKLAR	91
8. EKLER	116
9. ÖZGEÇMİŞ	117

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim boyunca bana tecrübesi ve bilgisiyle yol gösteren, sabrını ve anlayışını esirgemeyen, uzmanlık tezimin tamamlanması sürecinde sonsuz emek ve özveri gösteren saygıdeğer danışman hocam **Prof. Dr. Aylin AKBAY OBA**'ya,

Uzmanlık eğitimim süresince bilimsel ve mesleki tecrübeleriyle her zaman yanımda olan kıymetli hocalarım **Doç. Dr. Volkan ARIKAN** ve **Doç. Dr. Merve ERKMEN ALMAZ**'a,

Birlikte çalıştığımız çalışmaya başladığımız ilk günden itibaren her koşulda arkamda olan, destekleri sayesinde tüm zor anların üstesinden gelmemi sağlayan, tanıdığım için kendimi çok şanslı kabul ettiğim arkadaşlarım **Dt. Beyza Ecem ALKAÇ**, **Dt. Gözde YILDIZ**, **Dt. Sabina İMANOVA** ve **Dt. Işıl CAN**'a, uzmanlık eğitimine adım attığım daha ilk gün sevgisi, anlayışı ve bilgisiyle hayatımı kolaylaştırmak için elinden geleni yapan ablam **Dr. Öğr. Üyesi Damla Şahin**'e, birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum **Kırıkkale Üniversitesi Pedodonti Anabilim Dalındaki tüm klinik personelimize**,

Beni bugünlere getiren, attığım her adımda arkamda olan, varlıklarından sonsuz güç aldığım ve verdikleri emeklerden ötürü minnettar olduğum annem **Bilen ÖZKAN**, babam **Mustafa Necati ÖZKAN**, abim **Uğurcan ÖZKAN** ve ablam **Ece DÖNMEZOĞLU ÖZKAN**'a,

Uzmanlık eğitimim süresince mesleki bilgisini hiçbir zaman esirgemeyen ve daima yardımına koşan değerli kuzenim **Eren SUNA**'ya,

Uzmanlık sınavına hazırlık sürecinden itibaren tüm dönemeçlerde yanımda olan, desteğini ve ilgisini esirgemeyen, gösterdiği sabır ve fedakarlıkla bana her zaman güç veren **Caner ÇENDEK'e**,

Hayatımdaki en büyük neşe ve motivasyon kaynağım olan canım yeğenlerim **Can** ve **Yaz'a**,

Son olarak; tüm Türk kadınları adına **Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK'e**

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım...



SİMGELER VE KISALTMALAR

% : Yüzde

+ : Artı

< : Küçüktür

= : Eşittir

°C : Derece Santigrat

p : İstatistiksel anlamlılık düzeyi

sn : Saniye

ss : Standart sapma

µm : Mikrometre

mm : Milimetre

MPa: Megapascal

nm : Nanometre

C: Karbon

Ca: Kalsiyum

Mn: Manganez

Na: Sodyum

O: Oksijen

P: Fosfor

S:Kükürt

Si: Silisyum

Bis-GMA : Bisfenol A glisidil metakrilat

EGDMA: Etilen glikol dimetakrilat

ER: Etch-and-rinse

FASG: Floroalüminosilikat cam

F- PRG: Fully Reacted Glass filler

GPDM: Gliserofosfat dimetakrilat

HEMA : Hidroksietil metakrilat

4-META : 4-metakriloksietil trimelliat anhidrid

KT: Konvansiyonel Teknik

MDP: 10-metakriloksi desil dihidrojen fosfat

MDPB: 12-metasiriloiloksidodesil piridiniumbromid

MMA : Metilmetakrilat

NPG-GMA: N-fenil glisin

PAA: Polialkenoik asit

PPD: Fenilpropandion

PRG: Pre-Reacted Glass filler

S- PRG: Surface Reacted Glass filler

SE: Self - etch

ST: Stamp Tekniği

TA: Tersiyer amin

TEGDMA: Trietilen glikol dimetakrilat

TPO Trimetilbenzoil-difenilfosfinoksit

UDMA : Üretan dimetakrilat

CQ : Kamforkinon

LED : Işık yayan diyetlar

UV : Ultraviyole

pH: Potential of hydrogen

TABLÖLAR

Tablo 4. 1. Grupların ortalama mikrosızıntı değerlerinin karşılaştırılması	64
Tablo 4. 2. Uygulama tekniğinin ortalama mikrosızıntı değerleri üzerine etkisi	65
Tablo 4. 3. Kullanılan tekniklerin materyallerin mikrosızıntı değerleri üzerine etkisi	66
Tablo 4. 4. Konvansiyonel teknikle uygulanan grupların ortalama mikrosızıntı değerlerinin karşılaştırması	66
Tablo 4. 5. Stamp tekniği ile uygulanan grupların ortalama mikrosızıntı değerlerinin karşılaştırması	67
Tablo 4. 6. Tüm gruplar arasında yapılan ikili karşılaştırma sonuçları	68
Tablo 4. 7. Grupların ortalama restoratif prosedür süresi değerlerinin karşılaştırılması	72
Tablo 4. 8. Uygulama tekniğinin ortalama mikrosızıntı değerleri üzerine etkisi	72
Tablo 4. 9. Kullanılan tekniklerin materyallerin restoratif prosedür süresi değerleri üzerine etkisi	73
Tablo 4. 10. Konvansiyonel teknikle uygulanan grupların ortalama restoratif prosedür süresi değerlerinin karşılaştırması	73
Tablo 4. 11. Stamp tekniği ile uygulanan grupların ortalama restoratif prosedür süresi değerlerinin karşılaştırması	74
Tablo 4. 12. Tüm gruplar arasında yapılan ikili karşılaştırma sonuçları	75

ÇİZELGELER

Çizelge 3. 1. Çalışma gruplarının şematik görünümü	52
Çizelge 3. 2. Çalışmada kullanılan materyallerin kimyasal içerikleri	59



ŞEKİLLER

Şekil 2. 1. Kompozit rezin materyallerin organik matriksinde kullanılan monomerlerin yapısı	5
Şekil 2. 2. Silan çeşitlerinin açık kimyasal formülü	7
Şekil 2. 3. Kompozit rezin içerisindeki farklı büyüklükteki inorganik doldurucular	9
Şekil 3. 1. Çalışmamızda kullanılan adeziv sistemler	55
Şekil 3. 2. Çalışmamızda kullanılan kompozit rezin materyaller	56
Şekil 3. 3. Örneklere uygulanan 4 mm derinlik ve 4 mm genişliğe sahip standart sınıf I kavite preparasyonu	56
Şekil 3. 4. Çalışmamızda kullanılan %37 fosforik asit jel	57
Şekil 3. 5. Çalışmamızda kullanılan şeffaf polivinilsiloksan ölçü materyali	57
Şekil 3. 6. 'Stamp Tekniği' uygulanmak üzere elde edilen okluzal indeks	58
Şekil 3. 7. G-ænial Universal Injectable'ın stamp tekniği ile uygulanma adımları	58
Şekil 3. 8. Termal siklus cihazı	60
Şekil 3. 9. Çalışmamızda kullanılan mikrocut cihazı	61
Şekil 3. 10. Mikrosızıntı deneyinde kullanılan stereomikroskop	62
Şekil 4. 1. Çalışmada yer alan tüm grupların ortalama mikrosızıntı değerleri	64
Şekil 4. 2. Uygulanan tekniğe göre materyallerin mikrosızıntı değerlerindeki değişim miktarı.	69
Şekil 4. 3. Gruplara göre mikrosızıntının ışık mikroskopundaki örnek görüntüleri	70
Şekil 4. 4. Çalışma gruplarının ortalama restoratif restoratif prosedür süresi değerleri	71
Şekil 4. 5. Çalışmada kullanılan kompozit rezin materyallerin uygulanan tekniğe göre restoratif prosedür süre değerlerindeki değişim miktarı	76

ÖZET

İki Farklı Teknikle Uygulanan Üç Farklı Kompozit Rezin Materyalin Mikrosızıntı Özelliklerinin İn Vitro Olarak Değerlendirilmesi

Çalışmamızda, konvansiyonel teknik ve stamp tekniği ile uygulanan, üç farklı kompozit rezin materyalin Sınıf I restorasyonlardaki mikrosızıntı değerleri ve iki tekniğin uygulama sürelerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Çekilmiş 90 adet çürüksüz molar diş konvansiyonel teknik ve stamp tekniği uygulanmak üzere 2 gruba; ardından her grup, 3 farklı kompozit rezin materyalle restore edilmek üzere 3 alt gruba ayrılmıştır. Tüm gruplarda restoratif prosedür süresi dijital bir kronometre ile ölçülüp kaydedilmiştir. Hazırlanan restorasyonlara 5-55°C arasında; 5000 devirde termal siklus işlemi uygulanmış, daha sonra örnekler % 0.5'lik bazik fuksin solüsyonunda 24 saat bekletilmiştir. Ardından dişler akrilik bloklara gömülmüş ve her bir örnekten 3 kesit elde edilmiştir. Kesitler stereomikroskop kullanılarak 20X büyütmede fotoğraflanmış ve görüntü analiz yazılımıyla (Image J) kantitatif olarak değerlendirilmiştir. Verilerin istatistiksel analizinde Kruskal Wallis testi ve Mann Whitney U testi kullanılmıştır ($p=0,05$).

Konvansiyonel teknikle uygulanan gruplarda; G-ænial Universal Injectable, Filtek™ One Bulk Fill Restoratif'ten istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az mikrosızıntı değeri göstermiştir ($p<0,05$). Stamp tekniği ile uygulanan gruplar içerisinde; G-ænial Universal Injectable test edilen diğer iki kompozit rezin materyalden istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek mikrosızıntı değerleri göstermiştir ($p<0,05$). Çalışmamızda değerlendirilen kompozit rezin materyallerden Filtek™ One Bulk Fill Restoratif, stamp tekniği ile uygulandığında konvansiyonel tekniğe kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük mikrosızıntı değerleri gösterirken ($p<0,05$), G-ænial Universal Injectable stamp tekniği ile uygulandığında konvansiyonel tekniğe kıyasla mikrosızıntı açısından istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek mikrosızıntı değerleri ortaya koymuştur ($p<0,05$). Stamp tekniği

konvansiyonel teknikle karşılaştırıldığında ise, çalışmada kullanılan tüm kompozit rezin materyaller için restoratif prosedür süresinin istatistiksel olarak anlamlı derecede kısaldığı tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Filtek™ One Bulk Fill Restoratif'in stamp tekniği ile uygulandığında istatistiksel olarak daha düşük mikrosızıntı değerleri sergilediği göz önüne alınacak olursa, tedavinin kısa sürede tamamlanmasının özellikle önemli olduğu çocuk diş hekimliğinde tercih sebebi olabileceğini düşünmek mümkündür.

Anahtar Sözcükler: Çocuk diş hekimliği, Görüntü analizi, Kompozit rezin, Mikrosızıntı, Stamp Tekniği



SUMMARY

In Vitro Evaluation of Microleakage Properties of Three Different Composite Resin Materials Applied with Two Different Techniques

In our study; it was aimed to compare the microleakage values of class I restorations restored with three different composite resin materials using the conventional technique and the stamp technique, and the application time of the two techniques.

Extracted 90 caries-free molar teeth are divided into 2 groups to be applied conventional technique and stamp technique. Then, each group was divided into 3 subgroups to be restored with 3 different composite resin materials. Restorative procedure time in all groups is measured and recorded with a digital stopwatch. Thermal cycle process was applied at 5000 cycles between 5 °C and 55 °C; Then the samples were kept in 0.5% basic fuchsin solution for 24 hours. Then the teeth were embedded in acrylic blocks and 3 sections were obtained from each sample. Sections were photographed at 20X magnification using a stereomicroscope and quantitatively evaluated with image analysis software (Image J). Kruskal Wallis test and Mann Whitney U test were used in the statistical analysis of the data ($p = 0.05$).

In groups applied with conventional technique; G-ænial Universal Injectable showed statistically significantly less microleakage value than Filtek™ One Bulk Fill Restoratif ($p < 0.05$). Among the groups applied with the stamp technique; G-ænial Universal Injectable showed statistically significantly higher microleakage values than the other two composite resin materials tested ($p < 0.05$). Filtek™ One Bulk Fill Restoratif, showed statistically significantly lower microleakage values compared to the conventional technique when applied with the stamp technique ($p < 0.05$). When applied with the G-ænial Universal Injectable stamp technique, it was It revealed statistically significantly higher microleakage values ($p < 0.05$). When the stamp technique was compared with the conventional technique, it was determined that the

restorative procedure time was significantly shortened for all composite resin materials used in the study ($p < 0.05$).

Considering that Filtek™ One Bulk Fill Restoratif exhibits statistically lower microleakage values when applied with the stamp technique, it is possible to think that it may be preferred in pediatric dentistry, where it is especially important to complete the treatment in a short time.

Key Words: Composite resin, Image analysis, Microleakage, Pediatric dentistry, Stamp Technique



1. GİRİŞ

Bireylerde kaybedilen çiğneme fonksiyonunun, fonasyonun ve estetiğin doğru tanı ve başarılı bir tedavi sonucunda yeniden kazandırılması, çürük ve diğer etkenler sonucu dişlerde ortaya çıkan doku kaybının restore edilmesi büyük önem taşır ve restoratif diş hekimliğinin öncelikli amaçlarından biridir. (Gökçe ve Özel, 2005; Uluakay ve ark., 2011).

Kompozit rezin materyallerin diş dokularındaki kaybı onarırken yüksek dayanıklılık ve başarılı estetik özellikler sunması, hem anterior hem de posterior restorasyonlarda yaygın olarak kullanılmalarını sağlamıştır (Beyth ve ark., 2014).

İdeal bir restoratif materyal, diş dokularına iyi bir adezyon göstermeli ve başarılı bir kenar uyumu sergilemelidir. Kompozit rezin materyallerin diş hekimlerinin kullanımına sunulmalarından bu yana; renk stabilitesi, aşınma ve kırılma direnci, estetik görünüm ve bağlanma dayanımı gibi özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar devam etmiş, uzun ömürlü posterior restorasyonlarda genişletilmiş endikasyonlarla kullanımları mümkün hale gelmiştir (Kwon ve ark., 2012). Ancak kompozit rezin materyallerdeki tüm bu gelişmelere rağmen, polimerizasyon büzülmesi ve bunun neticesinde meydana gelen mikrosızıntının tamamen ortadan kaldırılamaması hala önemli bir dezavantaj oluşturmaya devam etmektedir (Gür ve Özyurt, 2003).

Kavite duvarları ve restoratif materyal arasında klinik olarak tespit edilemeyen bakteri, sıvı, molekül veya iyon geçişi mikrosızıntı olarak tanımlanmaktadır (Sudhapalli ve ark., 2018). Mikrosızıntı sebebiyle; sekonder çürük, post-operatif hassasiyet, marjinal renklenme ve pulpal inflamasyon gibi post-operatif komplikasyonlar meydana gelebilmektedir (Xiao ve ark., 2008).

Bu nedenle, ideal bir restoratif materyalin diş sert dokularına uyumunun ve bağlanmasının iyi olması, polimerizasyon büzölmesinin düşük olması ve mikrosızıntıyı önlemesi gerekmektedir (Erdemir ve Yaman, 2011).

Bu tez çalışmasında, konvansiyonel teknik ve stamp tekniğı ile uygulanan üç farklı kompozit resin materyalin Sınıf I restorasyonlardaki mikrosızıntı değerlerinin in vitro koşullarda karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışmamızda ayrıca, kullanılan teknik ve materyallerin restorasyon prosedür süresi üzerindeki etkisi de değerlendirilmiştir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kompozit Rezin Materyaller

Kompozit rezin materyaller; 1878 yılında geliştirilen ve diş hekimliğindeki estetik restoratif materyallerin başlangıcını oluşturan silikat simanların ve 1940'larda silikat simanlara alternatif olarak üretilen, kimyasal olarak polimerize olan akrilik rezinlerin dezavantajlı noktalarını ortadan kaldırmak amacıyla kullanıma sunulmuştur (Hervás-García ve ark., 2006).

Diş hekimliğinde adeziv teknolojinin başlangıcı, 1955 yılında Buonocore tarafından, mine yüzeyine asit uygulanarak diş yüzeyinin pürüzlendirilmesi olarak kabul edilmektedir. Ardından 1962 yılında Dr. Bowen, Bisfenol A ve glisidil metakrilatın reaksiyon ürünü olan ve Bisfenol A glisidil dimetakrilat (Bis-GMA) olarak adlandırılan bir monomer elde etmiştir (Chen, 2010). Bu gelişmelerin sonucunda, kompozit rezin materyallerin diş sert dokularına olan bağlanma kuvvetlerinin artması sağlanmış ve kompozit rezin materyaller son yıllarda üzerinde en çok çalışılan restoratif materyal haline gelmiştir.

Diş hekimliğinde kompozit rezin materyaller önceleri toz-likit karışımı şeklinde üretilmiş; daha sonra iki pat şeklinde kullanılmıştır. Fakat yapılan araştırmalar, iki pat karıştırılırken oluşabilecek hava kabarcıklarının materyalin direncinin düşmesine neden olduğunu, çalışma süresini kısalttığını, renk stabilitesiyle ilgili sorunlara yol açtığını ve tek seferde kütleli olarak kaviteye yerleştirilme zorunluluğunun uygulamada başarısızlıklar yarattığını ortaya koymuştur (Sakaguchi ve Powers, 2012).

1970'ten itibaren, elektromanyetik radyasyonla polimerize edilen kompozit rezin materyaller üretilmiş ve karıştırma işleminin dezavantajları ortadan kaldırılmıştır. Başlangıçta, gerekli ışık enerjisini sağlamak için ultraviyole ışık kaynağı (365 nm) kullanılırken; sıg polimerizasyon derinliği ve iatrojenik yan etkiler nedeniyle, günümüzde kullanılmakta olan görünür ışıkla (427-491 nm) polimerize edilen ve tek pat halinde uygulanan kompozit rezin materyaller geliştirilmiştir (Hervás-García ve ark., 2006).

Son yıllarda, posterior dişlerin restorasyonunda dental amalgam yerine kompozit rezin materyallerin kullanımı tercih edilmeye başlanmış ve adeziv diş hekimliğindeki gelişmeler, minimal invaziv diş hekimliği olarak adlandırılan tedavi yaklaşımının benimsenmesine, sağlıklı kalan diş dokularının korunmasına imkan sağlamıştır (Lynch ve ark., 2014).

2.1.1. Kompozit Resin Materyallerin Yapısı

Kompozit; birbiri içerisinde erimeyen, tamamen çözünmeyen, birbirinden değişik özellik ve yapıya sahip iki veya daha fazla kimyasal maddenin fiziksel karışımı olarak tanımlanmaktadır (Gladwin ve Bagby, 2008). Diş hekimliğinde kullanılan kompozit rezin materyalleri oluşturan 3 ana bileşen; organik rezin matriks, inorganik doldurucular ve bağlayıcı ajanlardır (Kaisarly ve Gezawi, 2016).

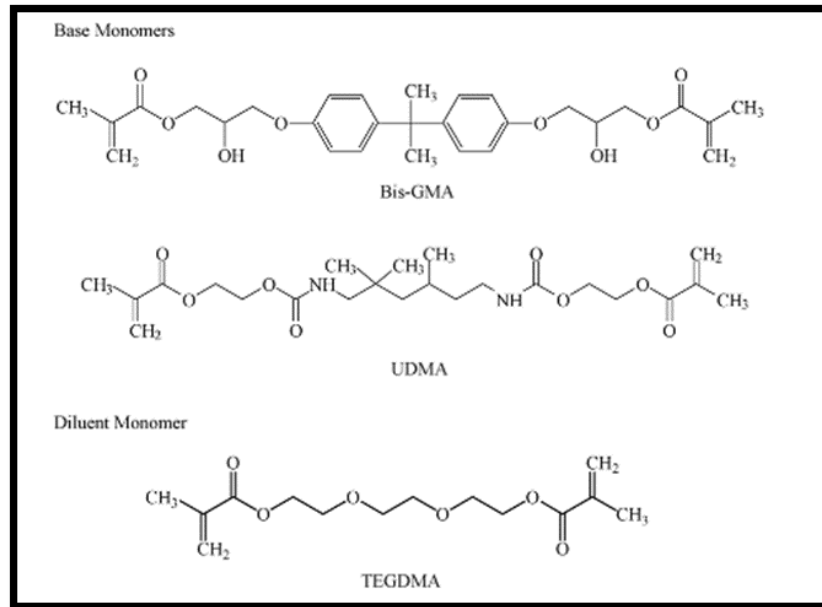
2.1.1.1. Organik Faz

Organik faz; kompozit rezin materyallerin kimyasal olarak aktive olan ve polimerizasyon reaksiyonu sonucunda sert bir polimere dönüşen kısımdır (Ferracane,

2001). Organik fazın yapısında; monomerler, ko-monomerler, polimerizasyon başlatıcılar ve hızlandırıcılar, ultraviyole stabilizatörler, rezinin raf ömrünü uzatan ve kendiliğinden polimerize olmasını önleyen inhibitörler bulunmaktadır (Dayangaç, 2011).

İlk kez Bowen tarafından 1965'te geliştirilen ve Bisfenol-A ile glisidilmetakrilatın reaksiyonu ile oluşan Bis-GMA, en sık kullanılan monomer yapısıdır (Floyd ve Dickens, 2006). Bu formül sonucunda elde edilen yapının yüksek viskoziteye sahip olması nedeniyle, daha iyi bir adezyon sağlayan ve renk değişimine daha yüksek direnç gösteren üretan dimetakrilat (UDMA) monomeri geliştirilmiştir (Noort, 2013).

Bis-GMA kompozit rezin materyallerin bileşimlerinin yaklaşık % 20'sini oluşturmaktadır. Ancak bu rezin yapısı oldukça viskoz olduğu için; üretim sürecini ve klinik kullanımı kolaylaştırmak amacıyla, en sık trietilen glükol dimetakrilat (TEGDMA) olmak üzere; bisfenol A dimetakrilat (Bis-DMA), etilen glükol dimetakrilat (EGDMA), metil metakrilat (MMA) veya üretan dimetakrilat (UDMA) gibi viskozite kontrolörleri olarak kabul edilen düşük viskoziteli ve düşük molekül ağırlıklı monomerler ilave edilmektedir (Hervás-García ve ark., 2006).



Şekil 2. 1. Kompozit rezin materyallerin organik matriksinde kullanılan monomerlerin yapısı (Floyd ve Dickens, 2006)

Otopolimerizan kompozitlerde başlatıcı (initiatör) etki yapan dibenzolperoksit, hızlandırıcı (akseleratör) etki yapan (N,N-bis2-hidroksietil)-p-toludin gibi aromatik tersiyer bir amin kullanılır. (Uluakay, 2011).

Görünür ışık ile polimerize olan kompozitlerde ise en sık, 450-500 nm dalga boyundaki ışıkla etkinleşen ve polimerizasyonu başlatan kamforkinon kullanılmaktadır (Rueggeberg, 2011).

- **Ultraviyole Stabilizatörler**

Otopolimerizan kompozit rezin materyallerde polimerizasyonun ardından reaksiyona girmeyen ve UV ışığın etkisiyle parçalanarak kahverengi renklenmelere sebep olan artık ürünler oluşabilir. UV ışığın başlatıcı sistemdeki amin bileşikleri üzerindeki etkilerini ortadan kaldırmak ve uzun vadede renk bozulması engellemek amacıyla kompozit rezin materyallerin organik fazına 2-hidroksibenzofenonlar veya 3- (2-hidroksifenil) -benzotriazoller gibi UV stabilizatörleri eklenmektedir (Klapdohr ve Moszner, 2005; Hervás-García ve ark., 2006)

- **İnhibitörler**

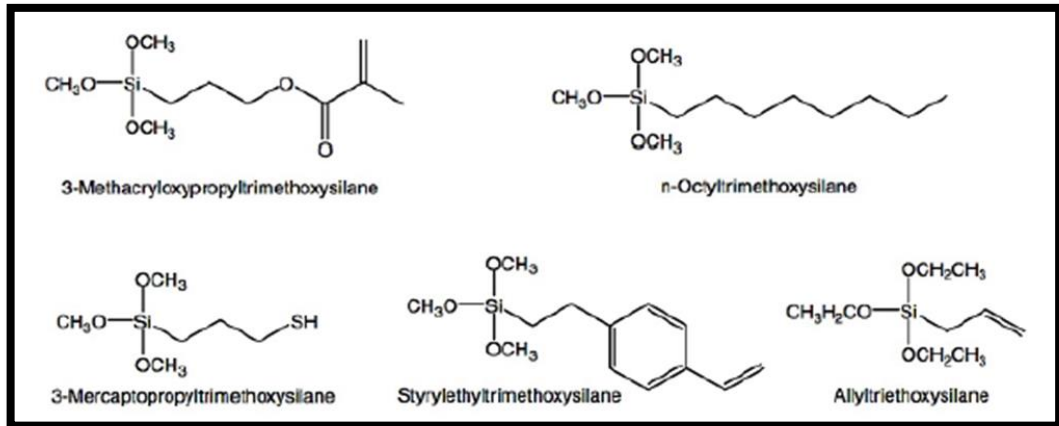
Kompozit rezin materyalin saklama esnasında ısı, ışık ve diğer kimyasal yollarla kendiliğinden polimerize olmasını engellemek, polimerizasyonun klinik olarak uygun zamanda gerçekleşmesini sağlamak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla organik matriks içine fenol türevi bileşikler eklenmektedir. Bu amaçla organik matrikse eklenen materyallerden en yaygın olanları 4-metoksifenol ve 2,4,6-tersiyerbütil fenoldür (Dayangaç,2011).

2.1.1.2. İnorganik faz

İnorganik faz; çeşitli boyut ve şekillerdeki kuartz ve cam partikülleri, bor silikat, silikon dioksit, hidroksiapatit, lityum ve alüminyum silikat ile kompozit rezin materyalin radyoopak özellik kazanmasını sağlayan çinko, alüminyum, stronsiyum, baryum, veya zirkonyum gibi ağır metal partiküllerinden meydana gelmektedir (Habib ve ark., 2015)

2.1.1.3. Ara faz

Kompozit rezin materyallerin yapısındaki organik rezin matriks ile inorganik doldurucular arasındaki adezyonun kalitesi, materyalin mekanik özellikleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. İnorganik materyallerin yüzeyinin modifiye edilerek organik yapıyla bağlantısının sağlanması ara faz sayesinde gerçekleşmektedir. Ara fazı organik silisyum bileşiği olan silanlar oluşturmaktadır ve en sık 3-metakriloksi propil trimetoksi silan kullanılmaktadır (Klapdohr ve Moszner, 2005; Nihei, 2016) (Şekil 2.2).



Şekil 2. 2. Silan çeşitlerinin açık kimyasal formülü (Cramer ve ark., 2011)

2.1.2. Kompozit Rezin Materyallerin Sınıflandırılması

Kompozit rezin materyaller, tanımlanmalarını ve kullanılmalarını kolaylaştırmak için pek çok farklı şekilde sınıflandırılmıştır. Lutz ve Philips (1983), inorganik doldurucu partiküllerin büyüklüğü ve miktarına dayanan sınıflandırmayı önermiştir ve bu sınıflama günümüzde geçerliliğini korumaya devam etmektedir (Şekil 2.3.).

2.1.2.1. Doldurucu Büyüklüğüne Göre Kompozit Rezin Materyallerin Sınıflandırılması

Lutz ve Phillips'e (1983) göre kompozit rezinler:

- a- Megafil (50-100 μm)
- b- Makrofil (10-100 μm)
- c- Midifil (1-10 μm)
- d- Minifil (0,1-1 μm)
- e- Mikrofil (0,01-0,1 μm)
- f- Hibrit (0,04-1 μm)
- g- Nanofil (0,005-0,01 μm) kompozitler olarak sınıflandırılmıştır.

Kompozit Resin	Partikül büyüklüğü (µm)	Partikül % (ağırlıkça)
Megafil	50-100	-
Makrofil	10-100	70-80
Midifil	1-10	70-80
Minifil	0.1-1	75-85
Mikrofil	0.01-0.1	35-60
Nanofil	0.005-0.01	72-87
Hibrit	0.04-1	75-80

Şekil 2. 3. Kompozit resin materyal içerisindeki farklı büyüklükteki inorganik doldurucular

- **Megafil Kompozit Resin Materyaller**

50-100 µm büyüklüğünde inorganik doldurucu partiküller içeren ve okluzal kuvvetlerin ya da aşınmanın fazla olduğu bölgelerde kullanılmaları önerilen megafil kompozit resin materyaller, sadece sınırlı endikasyonlar için üretilmiş olup rutin kullanıma sahip değildir (Dayangaç, 2000).

- **Makrofil ve Midifil Kompozit Resin Materyaller**

İnorganik doldurucu partikül büyüklüğü 10-100 µm olan makrofil kompozit rezinler ve doldurucu partikül büyüklüğü 1-10 µm olan midifil kompozit rezinler geleneksel kompozitler olarak da adlandırılmaktadır. Cilalanması zor olan ve pürüzsüz bir yüzey elde edilmesi mümkün olmayan makrofil kompozit rezinlerde, farklı kompozit resin tiplerine göre daha yüksek oranda plak birikimi görülmektedir (Ferracane, 2011). Polisajlanma özelliğinin yetersizliği, boyanma ve renk değişikliğine yatkın olmaları nedeniyle günümüzde yaygın kullanıma sahip değildir.

- **Minifil Kompozit Rezin Materyaller**

Minifil kompozit rezinlerde doldurucu partikül büyüklüğü 0.1-1 µm arasında değişmektedir ve doldurucu miktarı makrofil kompozitlere oranla daha fazladır. Doldurucu partiküllerin oranının artması sonucu aşınmaya karşı direnç artmış, materyal daha radyoopak hale gelmiş ve doldurucu partiküllerin boyutu küçültülerek daha düzgün bir yüzey elde etme şansı sağlanmıştır. Minifil kompozit rezinler kabul edilebilir düzeyde estetik özellikler gösterirken, çiğneme kuvvetlerine karşı dirençleri azdır (Dayangaç, 2000).

- **Mikrofil Kompozit Rezin Materyaller**

Mikrofil kompozitler; 0.01-0.1 µm (ortalama 0.04 µm) boyutunda partikül büyüklüğüne sahip ve ağırlıkça %35-60 oranında amorf koloidal silika partiküllerinden oluşan inorganik doldurucular içeren materyallerdir. Doldurucu partiküllerin görünür ışığın dalga boyundan daha küçük boyutta olması ve organik matriks ile hemen hemen aynı hızda aşınma göstermesi, bitirme ve polisaj işlemlerinden sonra makrofil kompozitlere kıyasla daha düzgün bir yüzey elde edilebilme şansını artırmaktadır (Genç ve Toz, 2017). Ancak mikrofil kompozit rezin materyaller düşük doldurucu içeriğe, düşük elastik modüle dolayısıyla düşük kırılma direncine sahiptir. Anterior restorasyonlarda veneer materyali olarak kullanılabilirler, ancak büyük Sınıf IV kaviterler veya posterior restorasyonlarda kullanımları uygun değildir (Ardu ve ark., 2010).

- **Hibrit Kompozit Rezin Materyaller**

Hibrit kompozit rezin materyaller günümüzde kullanılan kompozit rezinlerin büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır. Bu materyallerde mekanik özelliklerin geliştirilmesi amacıyla tüm doldurucu tiplerinin en iyi özellikleri kombine edilmiş ve farklı doldurucu çeşitleri kullanılmıştır (Hervás-García ve ark., 2006). Makro dolduruculu materyallerin yüksek fiziksel ve mekanik özellikleri ile mikro dolduruculu materyallerin iyi estetik ve yüzey düzgünlüğü özellikleri birleştirilmiştir. Hibrit kompozit rezinler; çiğneme kuvvetlerini karşılamak için gerekli olan fiziksel-mekanik

özellikler ile modern diş hekimliğinin estetik gereksinimlerini karşılayabilen materyallerdir (Ardu ve ark., 2010). Bu nedenle hem estetiğin ön planda olduğu anterior bölgelerde Sınıf III, IV, V restorasyonlarda ve laminalarda, hem de stres altında bulunan bölgelerde kullanılabilirler (Dayangaç, 2000).

Hibrit kompozitler büyüklükleri 0,04-1 μm arasında değişen, farklı bileşim ve boyutlarda olan ve toplam ağırlığın yaklaşık %70-80'ini meydana getiren doldurucu partiküller içermektedir. Hibrit türünü büyük partikül adı belirlerken, küçük partiküller karışımın ikinci komponentini meydana getirmektedir (Ferracane, 2011).

Hibrit kompozit rezin materyallerin; geniş bir renk yelpazesi mevcudiyeti, artmış aşınma ve kırılma direnci, azalmış polimerizasyon büzülmesi, düşük su emilimi, mükemmel bitim ve cila özellikleri, diş dokularına benzer termal genleşme katsayıları materyalin hem anterior hem de posterior bölgede kullanımını mümkün hale getirmektedir (Hervás-García ve ark., 2006).

• **Nanofil Kompozit Rezin Materyaller**

Son yıllarda nanoteknolojinin diş hekimliğinde kullanımı ile üretilen nanofil kompozit rezin materyeller; hibrit kompozit rezin materyallerin fiziksel özellikleri ile mikrofil kompozit rezin materyallerin estetik özelliklerinin birleştirilmesi ile geliştirilmiştir (Dayangaç, 2000). Nanokompozitler, görünür ışığın dalga boyundan (0.4-0.8 μm) daha küçük doldurucu partikül büyüklüğüne sahip oldukları için materyalin optik özellikleri yüksek seviyede geliştirilebilmiştir (Chen, 2010).

Nanofil kompozitin rezin materyaller, mikrofil kompozitlerin yüzey pürüzsüzlüğü ve cilalanabilirlik; hibrit kompozitlerin yüksek fiziksel ve mekanik özelliklerini bünyesinde barındırmaktadır (Sakaguchi ve Powers, 2012).

2.1.2.2. Polimerizasyon Yöntemlerine Göre Kompozit Rezin Materyallerin Sınıflandırılması

- **Kimyasal Olarak Polimerize Olan Kompozit Rezin Materyaller**

Polimerizasyon işlemi kimyasal olarak başlayan bu kompozit rezin materyaller iki pat halinde üretilmişlerdir. Polimerizasyon işlemi doldurucu ve rezin içeren iki patın karıştırılmasıyla başlamaktadır. İki pattan birinde polimerizasyon başlatıcı benzoil peroksit bulunurken, diğer patta hızlandırıcı organik amin yer almaktadır. Kimyasal polimerizasyon işleminin dezavantajı, hekimin materyali uyguladıktan sonra sertleşme süresinin uzun olması ve polisajın en erken 24 saat sonra yapılabilmesidir. Ayrıca, bu kompozit rezin materyaller oda sıcaklığında stabil olmadıkları için 8 °C'nin altında muhafaza edilmeleri gerekmektedir (Mahn, 2013). Mevcut dezavantajları nedeniyle günümüzde kimyasal olarak polimerize olan kompozit rezin materyaller kullanılmamaktadır.

- **Görünür Işık ile Polimerize Olan Kompozit Rezin Materyaller**

Işık ile polimerize olan ve tek pat halinde üretilen bu kompozit rezin materyallere “fotopolimerizan kompozitler” de denilmektedir. Işıkla polimerizasyon için en sık 470 nm’lik dalga boyunda mavi ışığa duyarlı bir fotobaşlatıcı ajan olan kamforkinon kullanılmaktadır. Aromatik bir amin varlığında serbest radikal reaksiyonu hızlanmaktadır (Kaisarly ve Gezawi, 2016).

- **Kimyasal Yolla ve Işıkla Polimerize Olan (Dual-Cure) Kompozit Rezin Materyaller**

Hem kimyasal hem de ışıkla polimerize olan kompozit rezin materyallere “kimyasal olarak aktive olan rezinler” de denilmektedir. İçeriğinde hem kimyasal katalizör hem de ışıkla aktive olan moleküller yer almaktadır. Dual-cure kompozit rezin materyaller, pat-pat formundadır, akışkandır ve sıklıkla yapıştırma materyali olarak kullanılmaktadır. Işık ile başlatılan polimerizasyon, ışığın ulaşmadığı bölgelerde 8-24

saat içerisinde kimyasal reaksiyon ile tamamlanmaktadır (Sakaguchi ve Powers, 2012).

2.1.2.3. Viskozitelerine Göre Kompozit Rezin Materyallerin Sınıflandırılması

- **Kondanse Edilebilen (Packable) Kompozit Rezinler**

Literatürde “posterior kompozitler” olarak da adlandırılan kondanse edilebilen kompozit rezin materyaller amalgama alternatif olarak kullanıma sunulmuştur. Hibrit kompozitlerden daha yüksek oranda doldurucu içeriğine sahip olan kondanse edilebilen kompozitler, stres alan bölgelerde, amalgama benzer bir manipülasyonla uygulanabilmektedir. Sınıf II restorasyonlarda interproksimal temasların daha kolay kurulması ve tek seferde kaviteye yerleştirilip anatomik form verilmesi gibi avantajlarının yanında, kompozit tabakaları arasında adaptasyon güçlüğü ve yetersiz estetik gibi dezavantajları mevcuttur (Manhart ve ark., 2000; Hervás-García ve ark., 2006)

- **Akışkan Kompozit Rezin Materyaller**

Akışkan kompozit rezin materyaller, küçük partikül büyüklüğüne sahip hibrit kompozitlerin düşük viskoziteli bir modifikasyonudur (Qamar ve ark., 2014).

Akışkan kompozit rezin materyallerin viskozitesindeki değişiklik, doldurucu içeriğinin hacimce %37-%53'e düşürülmesiyle sağlanmıştır. Düşük viskoziteleri sayesinde şırınga sistemleri ile kolayca uygulanarak ve kavitelerin ulaşılması zor bölgelerine bile ulaşarak başarılı bir adaptasyon gösterirler (Baroudi ve Rodrigues, 2015)

Akışkan kompozit rezinler düşük stres alan veya ulaşımın zor olduğu bölgelerde, pit ve fissür örtücü olarak, kavite liner olarak, abfraksiyon lezyonlarında, koruyucu rezin restorasyonlarda, mine defektlerinde, minimal invaziv Sınıf II, III, V restorasyonlarda kullanılabildikleri gibi; kompozit rezin, amalgam ya da kron kenar

kırıklarının onarımında ve insizal kenar tamirlerinde de endikedir. Ayrıca bu materyaller mikrosızıntıyı, polimerizasyon büzülmesini önlemek ve stres kırıcı bir bariyer oluşturmak amacıyla kondanse edilebilen kompozit rezinlerin altında kullanılmaktadır (Altun, 2005; Ikeda ve ark., 2009; Uluakay ve ark., 2011). Akışkan kompozit rezinlerin doldurucu partikül içeriğinin geleneksel hibrit kompozitlerden % 20-30 oranında daha az olması, bis-GMA ya da UDMA gibi visküz monomerlerin yerine TEDGMA gibi seyreltici monomerlerin miktarının artırılması (Ferracane, 2011) ve doldurucu oranının azaltılması materyalin zayıf mekanik özellikler göstermesine neden olmaktadır (Hervás-García ve ark., 2006).

Akışkan kompozit rezin materyallerin klinikte farklı kullanım alanlarına sahiptir. Bunlar:

- Ortodontik braketlerin ve lingual ortodontik retainerlerinin yapıştırılması amacıyla,
- Kırık ve lükse dişlerin splintlenmesi amacıyla (travma sonrası veya ilerleşmiş periodontal hastalık varlığında),
- Kırık anterior diş segmentinin acil reataçmanı gerektiğinde,
- Geçici restorasyonların onarımında,
- Protez onarımı amacıyla,
- Uyumsuz amalgam marjinlerin onarımında,
- Kron marjinlerinin ve kompozit restorasyon marjinlerinin onarımı amacıyla,
- Stres taşımayan bölgelerdeki küçük porselen kırıklarının onarımı amacıyla,
- Minimal invaziv anterior restorasyonlarda,
- Devital bleaching uygulamasında koruyucu kaide materyali olarak,
- Endodontik tedavi görmüş dişlerin fiber postlarla restorasyonunda postların yapıştırılması amacıyla,
- Porselen ve kompozit rezin veneerlerin yapıştırılması amacıyla kullanılabilmektedir (Baroudi & Rodrigues, 2015).

İlk nesil akışkan kompozitler, sadece yüzey örtücü ve fissür örtücü materyal olarak kullanılabılırken, günümüzde yüksek doldurucu içeriğe sahip akışkan kompozit rezin materyaller kullanıma sunulmuştur. Üretici firmalar bu materyallerin aynı kalan

akıcılık özelliğine ek olarak, geleneksel hibrit kompozit rezinlerle karşılaştırılabilir oranda yüksek doldurucu içerik ve düşük polimerizasyon büzülmesi sunduklarını iddia etmektedir. Bu sayede daha büyük ve daha derin kavitelelerde kullanımlarının mümkün olduğu belirtilmektedir (Ikeda ve ark., 2009)

2.2. Adeziv Sistemler

2.2.1. Adezyon

Adeziv materyallerin geliştirilmesi ve rutin diş hekimliği uygulamalarında yerini alması, restoratif ve koruyucu diş hekimliğinin birçok alanında devrim yaratmıştır (Migliau, 2017). Adeziv sistemlerde yaşanan gelişmeler, kavite preparasyonuna yönelik değişiklikleri beraberinde getirmiş ve mekanik tutuculuk için gerekli modifikasyonlara ihtiyaç kalmamasıyla sağlam diş dokusunun korunması sağlamıştır (Vaidyanathan ve Vaidyanathan, 2009).

Adezyon, iki farklı yüzeyin fiziksel veya kimyasal bağlanma ile bir arada tutulduğu durum olarak tanımlanmaktadır. Restoratif uygulamalarda, iki farklı yüzey olan mineralize diş dokuları ve restoratif materyaller arasında adezyon meydana gelmektedir (Tüfek & Ayna, 2018). İki materyal arasında adezyonu sağlayan madde “adeziv”, adezivin uygulandığı yüzeyler ya da maddeler “adherent” olarak tanımlanmaktadır (Özkul ve Küçükeşmen, 2012).

Diş hekimliğinde, kullanılan rezin esaslı materyaller ile diş sert dokuları arasında gerçekleşen adezyon, diş dokusunun inorganik kısmı ile rezin monomerlerin etkileşimi esasına dayanmaktadır. Asitle pürüzlendirilmiş mine ve dentin yüzeylerine rezin monomerlerin penetrasyonu sayesinde mekanik adezyon gerçekleşirken; rezin monomerlerin dentin tübüllerine penetrasyonu ve rezin tagların oluşumuyla difüzyon

adezyonu, dişin organik ve inorganik komponentleri ile kimyasal etkileşimi neticesinde ise adsorpsiyon adezyonu meydana gelmektedir (Dayangaç, 2011).

2.2.2. Diş Dokusuna Bağlanma

Rezin materyalin diş yapısına bağlanma mekanizmasını, asitle pürüzlendirilmiş diş yüzeyine likit monomerin penetrasyonu oluşturmaktadır. Kompozit rezin materyaller diş dokularına bonding ajanlar aracılığıyla mikromekanik ve kimyasal olarak bağlanmaktadır. Modern bonding ajanlar, ayrı ayrı veya kombine şekilde kullanılabilen asit, primer ve adeziv olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır. Minenin asitle pürüzlendirilmesi, minenin ıslanabilirliğinin artırarak monomer infiltrasyonu için daha fazla kontakt bölgesinin oluşmasını, ve bu sayede polimerizasyondan sonra stabil bir mikromekanik retansiyonun meydana gelmesini sağlamaktadır. Bu amaçla, genellikle kuvvetli bir asit olan fosforik asit kullanılmaktadır. Diş yüzeyini nemli tutmak için hidrofilik monomerler içeren primer ajan kullanılmaktadır. Adeziv ise, kompozit yapısında da bulunan tipik dimetakrilat oligomerler içermekte ve kimyasal bağlanmayı sağlamaktadır (di Hipólito ve ark., 2011; Sakaguchi ve Powers, 2012). Bonding ajanlar sayesinde, kompozit rezin restorasyonlarda restorasyonun tutuculuğunun artırılması amacıyla kavite sınırlarına sağlam diş dokusunun dâhil edilmesine duyulan ihtiyaç ortadan kalkmıştır ve diş dokuları ile restoratif materyal arasında başarılı bir bağlantı sağlaması sayesinde restorasyonların ağızda kalma süresi arttırılmıştır (Manuja ve ark., 2011).

2.2.3. Adeziv Sistemlerin Sınıflandırılması

Geçmişten günümüze kadar adeziv sistemler tarihsel gelişimleri, uygulama adım sayıları ve adezyon mekanizmalarına göre farklı şekillerde sınıflandırılmıştır (Migliau, 2017).

2.2.3.1. Tarihsel Gelişimlerine Göre Adeziv sistemlerin sınıflandırılması

- **1. Jenerasyon Adeziv Sistemler:**

1962 yılında üretilen 1. jenerasyon adeziv sistemlerde de bağlantı, NPG-GMA içerikli adezivin hidroksiapatit kristallerine iyonik, kollajene ise kovalent bağlarla tutunması mekanizmasıyla gerçekleşmiştir. Fakat bu jenerasyonda genel olarak, su emiliminin bağlantıyı olumsuz etkilemesi ve çok düşük bağlantı gücü (1-3 MPa) sergilemesi nedeniyle başarısız klinik sonuçlar ortaya çıkmıştır (Kugel ve Ferrari, 2000; Migliau, 2017).

- **2. Jenerasyon Adeziv Sistemler:**

İlk jenerasyon adeziv sistemlerde kullanılan bağlayıcı ajanların geliştirilmesi sonucu 1970'lerin sonlarına doğru 2. jenerasyon adeziv sistemler tanıtılmıştır. Bu jenerasyonda, mineralize diş yapısında bulunan kalsiyuma bağlanmayı desteklemek amacıyla bis-GMA ve HEMA'ya polimerize olabilen fosfatlar kullanılmıştır. Bağlantı, hidroksiapatit kristallerindeki pozitif yüklü kalsiyum iyonları ile rezindeki negatif yüklü fosfat grupları arasındaki polar etkileşimle sağlanmaktadır. 1. ve 2. jenerasyon adeziv sistemlerde, smear tabakası hala kaldırılmadığı (Kugel ve Ferrari, 2000) ve smear tabakası dentin yüzeyine oldukça gevşek bağlandığı için, 4-6 MPa'lık zayıf bir bağlantı gerçekleşmektedir ve istenilen başarı elde edilemediği için günümüzde kullanılmamaktadır (Edward ve Swift, 2002; Migliau, 2017).

- **3. Jenerasyon Adeziv Sistemler**

1980'lerin başında tanıtılan 3. jenerasyon adeziv sistemlerde, fosfat ester bazlı bir adeziv ajanın uygulanmasından önce, dentinin fosforik asit ile pürüzlendirilmesi gibi çok büyük bir gelişim yaşanmıştır. Bu sayede smear tabakasının modifiye edilmesi ve rezinin dentine penetrasyonunun sağlanması amaçlanmıştır (Tüfek ve Ayna, 2018). Hem hidrofilik hem de hidrofobik özelliklere sahip 4-META (4-metakriloksietil trimellitat anhidrit) isimli monomerden oluşan bu sistemin bağlanma dayanımı yaklaşık 10-14 MPa olarak bildirilmektedir (Jorge Perdigão, 2010).

- **4. Jenerasyon Adeziv Sistemler**

4. jenerasyon adeziv sistemlerde 'total – etch' tekniğinin kullanımıyla smear tabakasının tamamen kaldırılması sağlanmıştır (Kugel ve Ferrari, 2000). Mine ve dentinin fosforik asitle pürüzlendirilmesi ve yıkanıp hafifçe kurutulmasının ardından, hidrofilik bir primer ve son olarak doldurucusuz bir bonding ajan uygulanması basamaklarından oluşan sistem, oldukça fazla teknik hassasiyet gerektirmektedir. 4. jenerasyon adeziv sistemlerde bağlanma kuvveti 18-30 Mpa olarak ölçülmüştür, fakat sistemin çok basamaklı ve karmaşık uygulama prosedürü araştırmacıları daha basit uygulama tekniğine sahip adeziv sistem arayışına itmiştir (Anchieta ve ark., 2015; Kiremitçi ve Hürmüzlü, 2001).

- **5. Jenerasyon Adeziv Sistemler**

5. jenerasyon adeziv sistemler, 1990'ların ortalarında üç aşamalı 4. jenerasyon adeziv sistemlerin uygulama basamaklarını basitleştirme, demineralize dentindeki kollajen bozulması ve Post-operatif hassasiyeti önleme amacıyla geliştirilmiştir (Leinfelder, 2001; Moszner ve ark., 2005). Primer ve adezivin tek şişede birleştirilmesi nedeniyle "One Bottle" olarak da adlandırılan bu sistemde, ayrı bir asit uygulama basamağına ihtiyaç duyulduğu için mine ve dentine aynı anda (Total-Etch Tekniği), 15-20 sn %35-37 fosforik asit uygulanmaktadır. Bu jenerasyon adeziv sistemlerde, rezin taglar ve hibrit tabaka oluşumu sayesinde asit uygulanmış dentin ile mekanik kilitlenme elde edilmektedir (Migliau, 2017). Bu jenerasyon adeziv sistemlerin mineye bağlanma

kuvveti 35-45 Mpa, dentine bağlanma kuvveti 30-35 Mpa olarak bildirilmiştir (Berkmen ve ark., 2019).

- **6. Jenerasyon Adeziv Sistemler**

1990'ların sonu ve 2000'li yılların başından itibaren asitle pürüzlendirme basamağının ortadan kaldırılması amacıyla "Self Etch" adezivler piyasaya sürülmüştür. Asit uygulama prosedürünü diğer basamaklara dahil eden bu sistemde dişe öncelikle asidik primer, ardından ayrı bir şişeden adeziv uygulanmaktadır. Primer ve adezivin uygulamadan hemen önce hızlı bir şekilde karıştırılmasına dikkat edilmelidir (Pashley ve ark., 2002). Sonuç olarak bu jenerasyon dişe tek bir solüsyonun uygulanabilmesiyle karakterizedir. Sistemin bağlanma kuvvetinin dentinde yeterli, minde ise daha zayıf olduğu rapor edilmiştir (Tyas ve Burrow, 2004).

- **7. Jenerasyon Adeziv Sistemler**

2000'li yılların başlarında, smear tabakasını çözmeyi ve teknik hassasiyeti azaltmayı amaçlayan 7. jenerasyon adeziv sistemler kullanıma sunulmuştur. Asidik monomer, primer ve bonding ajan tek şişede birleştiren "All in One" sistemler olarak da adlandırılan bu jenerasyon adeziv sistemlerde, bütün uygulama adımlarının tek şişede toplanması uygulama prosedürünü oldukça kolaylaştırılmıştır (Abraham ve ark., 2013).

Jenerasyonlar arasındaki belirsiz sınırlar ve çakışmalar nedeniyle 2000'lerin başında Van Meerbeek tarafından yeni bir sınıflama geliştirilmiştir (Van Meerbeek ve ark., 2005). Adeziv sistemlerin uygulama yöntemleri ve dentin ile etkileşimlerine göre sınıflandırılmasının daha basit ve güvenilir olduğu rapor edilmiştir (Van Meerbeek ve ark., 2003; Guéders ve ark., 2006). Bu sınıflamaya göre adeziv sistemler uygulama yöntemlerine göre üç başlık altında incelenmektedir ve bu sınıflama adeziv sistemlerin özellikleri ve adezyon mekanizmasıyla ilgili bilgi vermektedir (Van Meerbeek ve ark., 2003; Eligüzeloğlu, 2009; Çınar, 2011).

2.2.3.2. Uygulama Aşama Sayısına Göre Adeziv Sistemlerin Sınıflandırılması

- Tek aşamalı adezivler
- İki aşamalı adezivler
- Üç aşamalı adezivler

2.2.3.3. Adeziv ile Mine ve Dentin Arasındaki İlişkiye Göre Adeziv Sistemlerin Sınıflandırılması

- **Etch And Rinse (ER) Adeziv Sistemler**

Smear tabakasının kaldırılması prensibine dayanan ER sistemler: üç aşamalı ve iki aşamalı olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır.

4. jenerasyon adeziv sistemlere karşılık gelen üç aşamalı ER sistemlerde, asit, primer ve bonding ajan ayrı ayrı üç basamakta uygulanmaktadır. İlk aşama olarak diş dokusu % 30-40 konsantrasyonda fosforik asitle pürüzlendirilmekte, ardından diş dokusuna hidrofilik rezin ve solvent içeren primer uygulanmaktadır. Primerin solventi hava ile uzaklaştırıldıktan sonra ve adeziv rezin polimerize edilmektedir (De Munck ve ark., 2005).

5. jenerasyon adeziv sistemlere karşılık gelen iki aşamalı ER sistemlerin bağlanma mekanizması ise temel olarak üç aşamalı sistemlerle aynıdır. İki aşamalı ER sistemlerde üç aşamalı sistemlerde olduğu gibi fosforik asit ve yıkama uygulaması yapılmaktadır. Sistemler arasındaki tek fark asit uygulama adımının arkasından uygulanan primer ve bonding ajanların tek şişede birleştirilerek uygulanmasıdır (Muñoz ve ark., 2013).

- **Self Etch (SE) Adeziv Sistemler**

SE adeziv sistemler, asitle pürüzlendirme ve yıkama basamaklarının nem hassasiyetini kontrol altına almak, adeziv uygulama prosedürünü basitleştirmek ve klinik süreyi azaltmak amacıyla geliştirilmiştir (Sundfeld ve ark., 2005; Migliau, 2017).

SE adeziv sistemler klinik uygulama adımlarının sayısına göre iki aşamalı ya da tek aşamalı olarak sınıflandırılmaktadır (Van Meerbeek ve ark., 2011). İki aşamalı SE adeziv sistemlerde, ilk aşama olarak diş dokularına asidik monomer ilave edilmiş hidrofilik primer solüsyonu, solventin uzaklaştırılmasının ardından ikinci aşama olarak ise hidrofobik bir bonding ajan uygulanmaktadır (Tay ve Pashley, 2003; Giannini ve ark., 2015). Tek aşamalı SE adeziv sistemler ise; asit, primer ve bonding ajanın (De Munck ve ark., 2005) birleştirildiği, böylece asidik fonksiyonel monomerler, hidrofilik ve hidrofobik monomerler, su ve organik çözücüler tek bir çözelti halinde barındıran materyallerdir (Wang ve Spencer, 2004; Giannini ve ark., 2015).

Temel bileşimi, fosforik asitten daha yüksek bir pH'a sahip fonksiyonel asidik monomer çözeltisinden meydana gelen SE adeziv sistemler, asiditelerine göre güçlü ($\text{pH} \leq 1$), orta ($\text{pH} = 1.5$) ve hafif ($\text{pH} \geq 2$) olarak sınıflandırılmışlardır (De Munck ve ark., 2005). Daha agresif asit içeriğine sahip sistemler, diş dokularında fosforik asitle pürüzlendirmeye benzer şekilde daha derin demineralizasyon meydana getirmektedirler (Tay ve ark., 2002). Mine üzerinde "güçlü" SE adezivler iyi bir bağlanma performansı gösterirken (Moszner ve ark., 2005; Perdigão ve ark., 2008), "hafif" SE adezivlerin mine üzerindeki bağlanma etkinliğinin başarısı yüksek değildir, ancak fosforik asitle pürüzlendirme ile bu durum iyileştirilebilmektedir (Van Landuyt ve ark., 2006; Nazari ve ark., 2012; Giannini ve ark., 2015).

Adeziv diş hekimliğindeki en son gelişmelerden biri, 2011'den beri klinik uygulamada olan universal adezivlerin piyasaya sürülmesidir. Bu yeni materyaller, SE olarak, ER olarak, ya da dentin üzerine SE uygulanırken mine üzerine ER olarak (Selective-Etch) uygulanabildikleri için "Multimod" adezivler olarak tanımlanmaktadır (Hanabusa ve ark., 2012; Perdigão ve ark., 2012).

- **Cam İyonomer Adeziv Sistemler**

Cam iyonomerler, herhangi bir yüzey hazırlama işlemi olmaksızın diş dokularına kendi kendine bağlanabilen tek restoratif materyal olarak kabul edilmektedir (Yoshida ve ark., 2000). Buna ek olarak, cam iyonomerlerin diş yüzeyiyle olan bağlantısını güçlendirmek amacıyla yüzeylere polialkenoik asit uygulanması bağlantı kuvvetlerini

önemli derecede artırmaktadır (Eren ve Özel Bektaş, 2006). Asit uygulama basamağı sayesinde 0,5 µm derinlikte kollajen fibriller açığa çıkmaktadır. Oluşan boşluklara cam iyonomer bileşenlerinin diffüze olmasıyla mikromekanik bağlantı, polialkenoik asitin karboksil grupları ile hidroksiapatit kristallerindeki kalsiyum iyonu arasındaki etkileşim sonucu ise kimyasal bağlantı elde edilmektedir. Böylece diş yüzeyinde hem kimyasal hem mikromekanik bağlanma sağlanmaktadır (Tüfek ve Ayna, 2018).

2.3. Kompozit Rezin Materyallerdeki Güncel Gelişmeler

Kompozit rezin materyaller, diş hekimliğine kullanılmaya başladığından beri geçen 50 yıldan daha uzun bir zamanda önemli ölçüde gelişim göstermişlerdir (Ferracane, 2011). Kompozit rezin teknolojisindeki ilerlemeler neticesinde, farklı özelliklere sahip güncel materyaller geliştirilerek kullanımına sunulmaktadır. Piyasada kavite tipi, boyutu, şekli, uygulanan bölge, estetik beklentiler gibi farklı kriterler için pek çok farklı kompozit rezin tipi bulunmaktadır (Çelik, 2017).

2.3.1. Ormoserler

Son yıllarda geleneksel kompozit rezin materyallerde görülen polimerizasyon büzülmesi probleminin yarattığı sorunların üstesinden gelme girişi olarak, organik modifikasyonlu seramikler geliştirilmiştir (Ilie ve Hickel, 2011).

1998 yılında geliştirilen bu materyale, organik-modifiye-seramik kelimelerinin ilk hecelerinden oluşan “Ormoser” adı verilmiştir (Dayangaç, 2000).

Kompozit rezin materyallerin gelişimi, inorganik partikül yapısı, oranı ve boyutuna yönelik değişikliklerle elde edilirken, ormoserlerde materyalin organik matriksinde yapısal değişiklikler oluşturulmuştur (Zimmerli ve ark., 2010). Temel olarak inorganik kısım, organik kısım ve polisiloksan olmak üzere üç bileşenden meydana gelen materyal; çok fonksiyonlu üretan ve tioeter oligo metakrilat alkoksasilandan sentezlenen üç boyutlu, çapraz bağlı, yeni bir inorganik-organik polimer yapı olarak formüle edilmiştir. Silanın alkoksisilil grupları, hidroliz ve polikondensasyon reaksiyonları ile inorganik bir Si-O-Si ağının oluşmasını sağlamaktadır (Ilie ve Hickel, 2011). Ormoserlerin, daha az doldurucu içeriğine sahip olmalarına rağmen (Tağtekin ve ark., 2004), geleneksel kompozitlere kıyasla daha düşük aşınma direncine ve hibrit kompozitlerle eşit bir büzülme oranına sahip oldukları kanıtlanmıştır (Cattani - Lorente ve ark., 2001).

Ormoserlerin, mine ve dentine adezyonlarının iyi olması, termal genleşme katsayısının doğal diş yapısına benzer olması, düşük polimerizasyon büzülmesi göstermesi, hacimsel büzülme geriliminin düşük olması (Pick ve ark., 2011), aşınma direncinin yüksek olması, kolay uygulanabilir ve biyouyumlu olması, başarılı estetik özellikler göstermesi gibi avantajları mevcuttur (Tağtekin ve ark., 2004).

2.3.2. İyon Salabilen ve Antibakteriyel Kompozit Resin Materyaller

Kompozit rezin materyallerle ilgili en büyük hedeflerden biri ağızdaki pH değişikliklerine göre iyon salabilen, çürüğe neden olan bakterileri inhibe edebilen ve sekonder çürüğü engelleyebilen materyallerin geliştirilmesidir (Altun, 2005). Ağız içinde karyojenik bakterilerin ürettiği asitlerin tamponlanması, demineralizasyonun azalması ve restorasyon kenarlarında sekonder çürük oluşumunun engellenmesi amacıyla, kompozit rezin materyallerin yapısına florid, kalsiyum, hidroksil gibi fonksiyonel iyonlar ilave edilmiştir (Gökçe ve Özel, 2005; Altun, 2005).

Antibakteriyel özelliğe sahip olan kompozit rezinler iki yöntemle üretilmektedir. Birincisi yöntemde; rezin matriksin içerisine antibiyotikler, florür, klorheksidin, gümüş iyonları, iyot ve kuaterner amonyum bileşikler gibi düşük moleküler ağırlıklı çözünebilir antimikrobiyal ajanlar eklenmektedir. Zamanla kademeli olarak salınan bu antimikrobiyaller sayesinde antibakteriyel etki elde edilmektedir. Ancak bu girişimin, kompozit rezinden antibakteriyel ajanın salınmasına bağlı olarak toksik etkilerin ortaya çıkması, mekanik özellikler üzerinde olumsuz etki oluşması ve zamanla etkinliğin azalması gibi bazı dezavantajları olduğu bildirilmiştir (Beyth ve ark., 2014). İkinci yöntemde ise antibakteriyel ajanın rezin matriks içerisinde sabit kalarak, bakteri üremesi ve plak birikimini engelleyici etki göstermesi amaçlanmaktadır. Bir kuaterner amonyum ve bir metakriloil grubundan oluşan 12-metasiriloiloksidodesil piridinium bromid (MDPB) monomeri buna örnek gösterilebilir (Imazato ve ark., 1999; Gökçe ve Özel, 2005).

MDPB içeren kompozit rezinler, in vitro çalışmalarda Streptococcus mutans büyümesini ve plak birikimini inhibe edici etki göstermişlerdir (Imazato ve ark., 1995; Imazato ve ark., 1999). Ayrıca MDPB içeren kompozit rezinlerin kalıcı bir antibakteriyel etki gösterdikleri ve 3 ay suda bekletildikten sonra bile mekanik özelliklerinde herhangi bir olumsuz etki ortaya çıkmadığı bildirilmiştir (Imazato ve ark., 1995).

2.3.3. Self-Adeziv Kompozit Resin Materyaller

Günümüzde adeziv teknolojisinin mevcut araştırma ve geliştirme çabalarının öncelikli motivasyonu klinik uygulama basamaklarının sadeleştirilmesi ihtiyacıdır (Van Meerbeek ve ark., 2011). Bu doğrultudaki güncel gelişmelerden biri de, diş sert dokularına kimyasal yolla bağlantı sağlamak için akışkan kompozit resin materyallere birtakım fonksiyonel monomerler eklenmesi sayesinde ayrı bir adeziv uygulama basamağını ortadan kaldıran self-adeziv kompozit resin materyallerdir (Juloski ve ark., 2012).

Bonding ajanın akışkan bir kompozit rezin materyale dahil edilmesi, hasta başında geçen süreden tasarruf edilmesi, post-operatif duyarlılığın ve uygulayıcıya bağlı hata olasılığının azaltılması açısından büyük bir potansiyel taşırken (Poss, 2010; Vichi, ve ark., 2013) özellikle çocuk ya da davranışsal problemleri olan hastalarda uygulama kolaylığı sağlanmaktadır (Öz ve ark., 2020).

Self adeziv kompozit rezin materyallerde, mine ve dentini pürüzlendirmek amacıyla materyale eklenen gliserofosfat dimetakrilat (GPDM) ve karboksilik metakrilat (4-META) gibi asidik monomerlere dayanan bir bağlanma teknolojisi kullanılmaktadır (Poss, 2010). Bu monomerler sayesinde diş dokuları asitle pürüzlendirilmiş ve smear tabakasının modifiye edilmesiyle submikron kalınlıkta bir hibrit tabaka oluşması sağlanmış olmaktadır (Vichi ve ark., 2013). Aynı zamanda, materyale dentin yüzeyinde ıslanabilirliği ve rezin penetrasyonunu artırmak için bonding ajanlarda sık kullanılan başka bir fonksiyonel monomer olan HEMA ilave edilmiştir (Özel Bektaş ve ark., 2013). Ancak bu materyallerin yapılarında bulunan doldurucular nedeniyle yüksek viskoziteye sahip olmaları, adeziv monomerlerin dentine olan penetrasyonunu sınırlayarak substrat yüzeyinin ıslanmasını zorlaştırmaktadır (Myazaki ve ark., 1995).

2.3.4. Siloran Bazlı Kompozit Rezin Materyaller

Kompozit rezin materyallerin mekanik özelliklerini geliştirmek ve yetersizliklerini ortadan kaldırmak amacıyla pek çok çalışma yapılmıştır. Dental kompozit araştırmalarındaki modern gelişmeler; başta polimerizasyon büzülmesi olmak üzere birçok klinik sorunu beraberinde getiren; radikal zincir reaksiyonu ile polimerize olan Bis-GMA, UDMA, TEGDMA gibi çeşitli metakrilat monomer içeriğine sahip kompozit rezin materyallerin yerine, görünür ışıkla halka açılma

polimerizasyonu sistemlerini kullanan monomerlere odaklanmıştır (Ilie ve Hickel, 2011).

Son yıllarda; kompozit rezin materyalledeki polimerizasyon büzülmesini ve büzülme stresini azaltmak için; in vitro olarak geleneksel kompozit rezinlerden % 40-50 daha az büzülme gösterdiği iddia edilen “Siloran” adı verilen bir monomer geliştirilmiştir (Hervás-García ve ark., 2006).

İsmi içeriğinde bulunan siloksan ve oksiran fonksiyonel gruplarından alan (Weinmann ve ark., 2005) siloranların; halka açılımlı oksiran sayesinde düşük polimerizasyon büzülmesi ve siloksan varlığı sayesinde artan hidrofobik özellik gibi, bileşenlerinin sahip olduğu iki temel avantajı bünyesinde barındırdığı iddia edilmektedir (Ilie ve Hickel, 2011).

Siloran esaslı kompozit rezin materyaller, geleneksel bis-GMA esaslı kompozit rezin materyallere kıyasla daha iyi bir polimerizasyon derinliği, daha düşük polimerizasyon büzülmesi, daha yüksek dayanıklılık ve eş değer sertlik gibi birçok istenen özelliğe sahiptir (Tilbrook ve ark., 2000; Eick ve ark., 2002).

Materyale siloksan omurgasının kazandırdığı hidrofobik özellikler, kompozit rezinin uzun dönem mekanik dayanıklılığında belirleyicidir çünkü yüksek su emilimi, kompozit rezin materyalin uzun vadeli fiziksel gücünü sınırlamaktadır (Weinmann ve ark., 2005). Ek olarak siloranların hidrofobik yapısı, materyalin dış faktörlere bağlı renklenmelere daha dirençli olmasını sağlamaktadır (Zimmerli ve ark. 2010).

Siloranlar, sikloalifatik oksiran monomerinin katyonik halka açma polimerizasyonu sayesinde düşük polimerizasyon büzülmesi gösterirler. Siloran kompozitlerde, halka açılımı polimerizasyonunu gerçekleştirmek amacıyla; başlatıcı sistemlerden ışıkla polimerizasyondan sorumlu kamforkinona ek olarak, elektron vericiler ve iyodonyum tuzları gibi reaktif katyonik ajanlar yer alır (Sakaguchi ve Powers, 2012)

Halka açılımlı monomerlerin açılıp düzleşerek, birbirlerine doğru uzanmaları ve bağlanmaları ile gerçekleşen polimerizasyon sayesinde; metakrilat esaslı kompozit rezinlerle karşılaştırıldığında siloran esaslı sistemlerin daha az büzülme gösterdiği,

kenar uyumu ve mikrosızıntı yönlerinden daha üstün özellikler sergiledikleri çalışmalarla gösterilmiştir (Ferracane ve ark., 2005). Siloranların sahip olduğu bu özelliklerin yanı sıra azalmış su emilimi, çözünürlük ve difüzyon katsayısı sayesinde, geleneksel metakrilat esaslı kompozit rezinlerde sık rastlanılan kenar sızıntısı, kenar renklenmesi, sekonder çürük oluşumu, mikroçatlak, kaspal gerilim, tüberkül kırığı, post-operatif duyarlılık gibi klinik sorunların görülme olasılığı büyük ölçüde azaltılmıştır (Eick ve ark., 2002).

Metakrilat esaslı kompozit rezin materyallerin polimerizasyonundan sonra salınan artık monomerlerin toksik olduğunun anlaşılmasından sonra (Bettencourt ve ark., 2010) materyallerin sitotoksikite ve mutajenitesini azaltma yönündeki çalışmalar halka açılımlı monomerlere odaklanmıştır. Bu monomerlerden olan siloran; biyouyumludur, klastojenik ya da mutajenik özellik göstermez (Eick ve ark., 2007).

Ancak bu materyaller; kendilerine özel bir adeziv sistemle uygulanma gerekliliği, renk seçeneklerinin az olması, klinik kullanım posterior dişlerle (Sınıf I ve II kaviteler) sınırlı kalması gibi sebeplerden ötürü günümüzde yaygın olarak kullanılmamaktadırlar (Çelik,2017).

2.3.5. Fiberle Güçlendirilmiş Kompozit Resin Materyaller

Modern restoratif diş hekimliği ilkelerine göre restorasyonlar uzun bir süre boyunca tekrarlayan kuvvetlere dayanma yeteneğine sahip olmalıdır (Ferracane, 2011). Diş hekimliğinde, uzun yıllardan beri kullanılan materyallerin güçlendirilmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Geliştirilmiş mekanik özellikleri sayesinde kompozit rezin materyaller posterior bölgedeki restorasyonlar için sıklıkla tercih edilmesine rağmen büyük Sınıf I ve Sınıf II restorasyonlar için ideal kompozit rezin materyal arayışı halen devam etmektedir (Garoushi ve ark., 2018).

Mükemmel bir kompozit restorasyon oluşturabilmek için, posterior bölgedeki potansiyel risk faktörlerinin ve karakteristik başarısızlık tiplerinin farkında olunması gerekmektedir. Kütlesel kırıklar ve sekonder çürükler posterior restorasyonlardaki başarısızlığının iki ana nedeni olarak tanımlanmıştır (Garoushi ve ark., 2018). Brunthaler ve ark. (2003) erken başarısızlığın kırıklarla daha yakından ilişkili olduğunu, uzun vadeli başarısızlığın arka planında ise sekonder çürüklerin yatma olasılığının daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Çeşitli yönlerde ve farklı uzunluklarda fiber tipleri kullanılarak, yüksek dayanıklılığa ve kırılma direncine sahip materyallerin üretilmesi mühendislik uygulamalarında kullanılan oldukça eski bir fikirdir. Yenilikçi tedavi çözümlerinin bir sonucu olarak 1960'ların başından itibaren fiberle güçlendirilmiş kompozit rezin materyallerin dental uygulamalarda kullanımı hız kazanmıştır ve günümüzde restoratif diş hekimliğinde tercih edilen etkin materyallerden biri haline gelmiştir (Pallesen ve Qvist, 2003).

Fiberle güçlendirilmiş kompozit rezinler, polimer matriks içerisinde fiber içeren ve kullanım alanı son derece geniş olan materyallerdir. Polimerize monomerlerden oluşan polimer matriks, kompozit yapıda bulunan fiberleri bir arada tutma işlevine sahiptir (Khan ve ark., 2015). Kompozit rezin materyalin mekanik özelliklerini geliştirmek için yapısına; cam fiber, poliester fiber, karbon fiber, aramid fiber ve ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen fiber gibi farklı özellikte fiber tipleri eklenmiştir (van Dijken ve Sunnegårdh-Grönberg, 2006).

Diş hekimliğinde fiberle güçlendirilmiş kompozit rezin materyallerin birçok farklı uygulama alanı bulunmaktadır (Eronat ve Candan, 2008):

- Direkt kompozit restorasyonlarda
- İndirekt restorasyonlarda (inley, onley, tam veneer kronlar)
- Periodotal ve travma sonrası splint uygulamasında
- Kısa veya uzun süreli geçici köprülerde
- Ön ve arka sabit köprülerde
- Protezlerin güçlendirilmesi ve tamirinde
- Yer tutucular ve pekiştirme apareylerinde

- Endodontik post olarak
- Sabit ortodontik retainer hazırlanmasında kullanılabilmektedir.

Daha çok protetik ve endodontik tedavilerde kullanılan fiberle güçlendirilmiş kompozit rezin materyaller pek çok alanda metallerin alternatifi olmuştur (Bavbek ve ark., 2007).

Fiberle güçlendirilmiş kompozit rezin materyallerin giderek genişleyen kullanım alanları alternatif uygulamalara potansiyel oluşturmaktadır. Bu konuda in vivo ve in vitro çalışmalar devam etmektedir (Eronat ve Candan, 2008).

2.3.6. Bulk Fill Kompozit Rezın Materyaller

Kompozit rezin materyaller, klinisyenler tarafından posterior dişlerin restorasyonu için tercih edilen estetik restoratif materyaller olsa da (Pallesen ve Van Dijken, 2015), posterior bölgede kaviteye yerleştirilmeleri sırasında bazı limitasyonlar söz konusudur (Chesterman ve ark., 2017).

Geleneksel kompozit rezin materyallerin sınırlı polimerizasyon derinliğine sahip olması, klinikte derin kavitelerde tek tabaka olarak kullanılmasını engellediği için (Moore ve ark., 2008) tabakalama tekniği tavsiye edilmektedir (Albers, 2002). Kompozit rezinlerin tabakalı uygulanmasının ışık penetrasyonuna ve tam polimerizasyona izin vererek, polimerizasyon büzülmesini ve stresleri azalttığı rapor edilmiştir (Lee ve ark., 2007; Park ve ark., 2008; Kwon ve ark., 2012) ancak bu konuda tartışmalar mevcuttur (Bicalho ve ark., 2014).

Bununla birlikte tabakalama tekniğinin, kompozit tabakaları arasında boşluklar kalabilmesi, kontaminasyon meydana gelmesi, tabakalar arasında bağlantı problemlerinin oluşması ve uzun çalışma süresi gibi dezavantajları bulunmaktadır (Alrahlah ve ark., 2014).

Üreticiler büyük posterior kompozit restorasyonların uygulama aşamalarını basitleştirmek ve hızlandırmak için modifiye edilmiş başlatıcı sistemlere sahip ve düşük büzülme stresi vadeden, yeni nesil bir nanohibrit kompozit türü olan bulk fill kompozit rezin materyalleri piyasaya sürmüştür. Bu materyaller 4-10 mm arasındaki polimerizasyon derinliği vaadi ile kullanıma sunulmuştur (Chesterman ve ark., 2017). Bu materyallerin adı aynı zamanda uygulama tekniğini de ifade etmektedir (Alrahlah ve ark., 2014).

Üretici firmalar tarafından bulk fill kompozit rezin materyallerin polimerizasyon derinliğini artırmak için doldurucu partiküllerin boyutları büyütülmüş ve doldurucu matriks ara yüzeyi azaltılmıştır (Ilie ve ark., 2013). Bu sayede azalan ışık saçılımı, materyalin polimerizasyonunun daha iyi gerçekleşmesini sağlamaktadır. Polimerizasyon derinliğini artırmak için kullanılan ek bir yöntem de kompozit rezinlerin translüsensisini artırma veya rezin matriks içerisinde farklı fotoaktif başlatıcıların kullanımıdır (Karadaş ve Demirbuğa, 2017).

Kaviteye 4-6 mm kalınlıkta, tek tabaka halinde yerleştirilebilen bulk fill kompozit rezin materyallerin üretici firmalar tarafından geleneksel ve akışkan kompozit rezinler ile kıyaslandığında ise daha düşük polimerizasyon büzülmesi gösterdikleri iddia edilmektedir (Czasch ve Ilie, 2013). Ayrıca, hekime uygulama kolaylığı sağlaması, kompozit tabakalarının adaptasyonunun daha başarılı bir şekilde sağlanması, çiğneme kuvvetlerine karşı aşınma direncinin iyi olması, yüzey özellikleri ve renk uyumunun klinik olarak kabul edilebilir seviyede olması ve yeterli radyoopasiteye sahip olması materyalin diğer avantajlarını oluşturmaktadır (Aydın ve ark., 2019).

Bulk fill kompozit rezinler yoğunluklarına göre, yüksek viskoziteli bulk fill kompozitler ve düşük viskoziteli bulk fill kompozitler olarak kategorize edilirler. Düşük viskoziteli bulk fill kompozitler akıcı formları sayesinde erişimin zor olduğu bölgelere kolaylıkla uygulanırlar. Ancak düşük viskoziteli bulk fill kompozitlerin yüzey sertlikleri ve aşınma dirençleri düşük ve mekanik özellikleri yetersiz olduğu için üzerlerinin geleneksel tipte bir kompozit rezinle örtülmesi gerekmektedir. Yüksek viskoziteli bulk fill kompozit rezin materyaller ise herhangi bir örtüleme işlemine

gerek duymadan tek seferde restorasyonun tamamlanmasına imkan sağlamaktadır (Van Ende ve ark., 2017).

Sonik titreşim yoluyla düşük viskoziteye dönüşen ve bu sayede materyalin ulaşılabilen boşluklara adaptasyonunu sağlayan yüksek viskoziteli bir bulk fill kompozit rezin materyal üretilmiştir (Chesterman ve ark., 2017). Üreticiler tarafından, bu materyalin yerleştirme sırasında malzemenin viskozitesini azaltmak için özel olarak tasarlanmış bir el aletiyle üretilen sonik enerji sayesinde aktive edilen modifiye ediciler içeren, oldukça yüksek doldurucu oranına sahip bir kompozit rezin materyal olduğu iddia edilmektedir. Bu nedenle materyal, erişilmesi zor bölgelerde kaviteye akışkan kompozit gibi rahatça uygulanabilirken, uygulama sonrası oklüzal düzenlemenin ardından bitirme işlemleri kolaylıkla yapılabilir (Ilie ve ark., 2013).

Polimerizasyon yöntemlerine göre ise bulk fill kompozit rezin materyaller; kimyasal olarak, ışık ile ve hem kimyasal hem de ışık ile (dual-cure) polimerize olan kompozitler şeklinde sınıflandırılmaktadır. Işık ile polimerize olan bulk fill kompozit rezin materyaller, geleneksel kompozit rezin materyallerde olduğu gibi 420-470 nm dalga boyunda aktive olmaktadır (Zaruba ve ark., 2013). Bu materyaller için üreticiler tarafından farklı ışık uygulama süresi ve polimerizasyon derinliği tavsiye edilebilmektedir (Aydın ve ark., 2019).

Piyasada iki adet dual polimerize olan bulk fill kompozit rezin materyal bulunmaktadır. Bu materyalin polimerizasyonu ışık ile başlatılır ve ışığın ulaşamayacağı derin bölgelerin polimerizasyonu zaman içerisinde kimyasal olarak gerçekleşir. Bu özellik materyale tek bir yerleştirmede 10 mm'ye kadar kullanılabilme avantajı sağlamaktadır (Chesterman ve ark., 2017).

2.3.7. Giomerler

Giomerler, cam iyonomer simanların flor salınımı ve yeniden yüklenebilme özellikleri ile kompozit rezin materyallerin estetik, cilalanabilme ve biyouyumluluk özelliklerinin birleştirilmesiyle üretilen hibrit materyallerdir (Arami ve ark., 2017; Kimyai ve ark., 2016). “Giomer” ismi, “Glass iyonmer + Polimer” kelimelerinden türetilmiştir (Ikemura ve ark., 2008).

Giomerlerin flor ionu serbestleştirme özelliği rezin matriks içine eklenen Pre-Reacted Glass filler (PRG) doldurucu teknolojisine dayanmaktadır. PRG doldurucular, su varlığında bir floroalüminosilikat cam (FASG) ve polialkenoik asit (PAA) arasında gerçekleşen bir asit-baz reaksiyonu sonucunda elde edilir. PRG dolduruculu restoratif materyallerde, önceden reaksiyona girmiş hidrojelde bulunan flor ve katyonların yer değiştirmesi materyale sürekli flor salınımı ve yeniden yüklenebilme özelliği kazandırmaktadır (Ikemura ve ark., 2008).

Materyallere flor salınımı özelliği kazandıran PRG teknolojisi, Fully Reacted Glass filler (F-PRG) teknolojisi ile Surface Reacted Glass filler (S-PRG) teknolojisi olmak üzere iki farklı şekilde uygulanmaktadır. F-PRG teknolojisinde tam reaksiyona girmiş cam doldurucular kullanılırken, S-PRG teknolojisinde yüzey reaksiyonuna girmiş cam doldurucular kullanılmaktadır (Jyothi ve ark., 2011).

Yapılan çalışmalar sonucunda S-PRG teknolojisiyle üretilen giomerlerin F-PRG teknolojisiyle üretilenlere göre daha üstün fiziksel özelliklere sahip oldukları, daha uzun süre F salınımı gerçekleştirdikleri ve klinik olarak daha başarılı oldukları rapor edilmiştir. (Ikemura ve ark., 2008; Kurokawa ve ark., 2015).

Giomerler, kompomerler gibi ışıkla sertleşmekte ve diş dokusuna adezyon için bir bağlayıcı bir sisteme ihtiyaç duymaktadır (Deliperi ve ark., 2006). Giomerlerin yüksek florid salabilme ve depolama yetenekleri sayesinde demineralizasyonu ve sekonder çürükleri azalttığı (Gönülol ve ark., 2014; Shimazu ve ark., 2011) iddia edilse de, yapılan araştırmalarda, giomerlerin florid salınımı özelliklerine ait tartışmalar mevcuttur (Karaca ve ark. 2020). Materyalin, kolay uygulanma, kolay

polisajlanabilirlik, kompozit rezin materyaller kadar yüksek direnç, üstün estetik özellikler, geleneksel cam iyonomer siman, kompomer ve kompozit rezinlere oranla daha yüksek biyouyum gibi çeşitli avantajlarının olduğu da bildirilmiştir (Demir, 2017).

2.4. Stamp Tekniği

Yapılan araştırmalar, okluzal ve bukkal / lingual yüzeylerdeki çürüklerin çocuklarda ve ergenlerde görülen çürüklerin neredeyse % 90'ını oluşturduğunu göstermiştir. Özellikle birinci ve ikinci molar dişler karmaşık okluzal morfolojileri nedeniyle, diş çürüğüne en duyarlı dişler olarak kabul edilmektedir. Okluzal yüzeylerin temizlenmesi zor olan pit ve fissürleri bakterilerin adezyonu için ideal bir ortam oluşturmaktadır (Goršeta, 2015).

Klinikte bazı vakalarda, sağlam okluzal morfoloji sergilemeleri nedeniyle gözden kaçabilen, ancak radyografik olarak dentine yayılmış olduğu belirlenen okluzal çürüklere rastlanabilmektedir. Literatürde bu çürükleri tanımlamak için “gizli çürük” terimi kullanılmaktadır (Ricketts ve ark., 1997). Gizli çürük lezyonlarının en sık 14-20 yaş arasındaki genç hasta popülasyonunda görüldüğü bildirilmiştir (Dekon ve ark., 2011). Bu tip lezyonlar, öncelikle radyografik muayenede veya görsel muayenede minenin altından renk yansımalarının tespitiyle teşhis edilmektedir (Martos ve ark., 2010).

Literatürde, çürük lezyonu mine-dentin sınırını aşmasına rağmen sağlam bir okluzal morfoloji sergileyebilen posterior dişlerdeki bu vakalar için; kavite preparasyonundan önce mevcut klinik durumdan faydalanarak orijinal diş morfolojisinin taklit edilmesine imkan sağlayan bir restorasyon tekniği önerilmiştir (Pompeu ve ark., 2016). “Stamp Tekniği” adı verilen bu teknik, yumuşak, akışkan bir ölçü materyali ile okluzal yüzeyin bir kopyasının elde edilmesi prensibine

dayanmaktadır. Bu yöntemin amacı, kavite preparasyonundan önce dişin okluzal morfolojisini içeren bir indeks kullanarak dişin anatomisini eksiksiz şekilde yeniden oluşturmaktır (Moraru ve ark., 2019). Teknik, kompozitin son katmanı yerleştirildiğinde, standart yöntemde olduğu gibi manuel şekillendirme yapmak yerine, polimerize olmamış kompozite okluzal indeksin bastırılmasıyla orijinal okluzal morfolojinin kopyalanması şeklinde tatbik edilir (Pompeu ve ark., 2016).

Stamp tekniği, kavitenin hazırlanmasından önce sağlam morfolojik ayrıntıların kaydedilmesini gerektirdiği için, oklüzal morfolojinin sağlam olduğu, henüz kavitasyon oluşturmamış gizli çürüklerde ve küçük mine defektlerinde kullanılabilir. Temas noktalarının altında proksimal tutulum olduğunda, indeksin dişin okluzal yüzeyi ile sınırlı olmasından dolayı tekniğin uygulanması endike değildir (Martos ve ark., 2010; Moraru ve ark., 2019).

Stamp tekniğinde kullanmak üzere okluzal morfolojinin bir kopyasını elde etmek amacıyla; polivinilsiloksan ısırma kayıt materyali, kimyasal olarak aktive edilmiş akrilik rezin, şeffaf silikon kalıplar, akışkan kompozit rezinler, genellikle beyazlatma tedavilerinde kullanılan likit diş eti bariyerleri ve okluzal transfer cihazları dahil olmak üzere çeşitli materyaller kullanılabilir (Martos ve ark., 2010).

Stamp tekniği, dişin okluzal morfolojisini restorasyona birer bir yansıtmaya ve yüksek estetik özellikler gösteren restorasyonlar yapma imkanı tanırken, okluzal anatomi oluşturmayı, bitirme ve polisaj aşamalarında sağladığı kolaylık sayesinde tedavi süresini de kısaltmaktadır. (Moraru ve ark., 2019; Pompeu ve ark., 2016).

Konvansiyonel teknikle uygulanan kompozit rezin restorasyonlarda en dış tabakanın oksijenle temasının polimerizasyonu engellemesi nedeniyle ince bir yüzeyel tabakanın cilalanarak kaldırılması gerekmektedir. Stamp tekniğinde ise kullanılan okluzal indeksin materyalin oksijenle temasını engellemesinin polimerizasyon açısından bir avantaj oluşturabileceği bildirilmiştir (Hamilton ve ark., 1998; Conte ve Cianconi, 2008; Martos ve ark., 2010).

Martos ve ark. (2010), yayınladıkları olgu raporunda; stamp tekniğinde kullanılan okluzal indeksin kalınlığı ve indeks hazırlanırken kullanılan malzemenin kompozit rezin materyalin polimerizasyon derecesini etkilediğini bildirmişlerdir. Bu

durumun önüne geçmek amacıyla, okluzal indeks çıkarıldıktan sonra ilave bir ışık uygulaması ile artık monomerin polimerizasyonu hedeflenir. Bu prosedürün polimerizasyonun daha düşük ışık şiddetiyle başlatılıp yüksek ışık şiddetiyle tamamlandığı ve daha az polimerizasyon büzülmesi ile ilişkilendirilen "soft start" polimerizasyon tekniği ile bazı benzerlikler taşıdığı bildirilmiştir. Bu nedenle okluzal indeksin kompozit rezin polimerizasyonuna olumsuz bir etkisinin olacağının öngörülmediği ancak ileri laboratuvar çalışmalarına gereksinim duyulduğu belirtilmiştir (Martos ve ark., 2010).

Posterior restorasyonlarda materyale oklüzal morfolojinin verilmesi hem zaman alıcıdır, hem de hekimin profesyonel becerisi ile doğrudan ilişkilir (Ruschel ve ark., 2014). Pratik bir kullanım vaadeden stamp tekniği, oklüzal morfolojinin yeniden yapılandırılmasında büyük fayda sağlamaktadır. Tekniğin faydası yalnızca hasta ve hekime zaman kazandırması ve estetik posterior restorasyonlar yapmaya imkan sağlaması değil, aynı zamanda özellikle okluzyonda kilit rol oynayan birinci molar dişlerin okluzal temas noktalarının uygun bir şekilde oluşturulmasına yardımcı olmasıdır (Araujo ve ark., 2009, Moraru ve ark., 2019).

Posterior kompozit restorasyon uygulamaları teknik hassasiyet gerektirmektedir, çünkü kaybedilen morfoloji yeniden sağlanırken restorasyonlarda aşırı veya yetersiz kontur ve uygun olmayan restoratif marjinler oluşturulabilmektedir. Çiğneme sürecine aktif olarak katılan posterior dişlerin oklüzal yüzeyleri okluzyon açısından büyük önem taşımaktadır (de Carvalho Dekon ve ark., 2011). Restorasyondaki prematür kontaklar sebebiyle interkaspal pozisyonun değişmesi maloklüzyona neden olabilmekte ve bu durum mandibula hareketlerinin değişimiyle sonuçlanabilmektedir. Özellikle birinci molar dişlerde iyi bir okluzal kontakt sağlamak, yanlış yapılan küçük bir kompozit restorasyondan başlayan ve birbiri ardına ilerleyen bu olumsuz durumların önüne geçilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Moraru ve ark., 2019). Bu nedenle hekimlerin ideal morfolojiyi oluşturarak tüm okluzal temasların sağlandığından emin olmaları gerekmektedir (Davies ve ark., 2001).

2.5. Kompozit Rezin Restorasyonlarda Başarısızlık Nedenleri

Restorasyonların uzun ömürlü ve başarılı olabilmesi pek çok parametreyle yakından ilişkilidir. Kompozit rezin restorasyonlardaki olası başarısızlık nedenleri:

- Polimerizasyon büzülmesi,
- Sekonder çürük,
- Post-operatif hasssiyet,
- Su emilimi, suda çözünürlük
- Mikrosızıntı olarak sayılabilir.

2.5.1. Polimerizasyon Büzülmesi

Günümüzde direkt anterior ve posterior restorasyonlarda sıklıkla tercih edilen kompozit rezin materyaller, tatmin edici estetik, indirekt restorasyonlara kıyasla konservatif preparasyon, tamir edilebilirlik ve uygun maliyet gibi olumlu özellikler sunmalarına rağmen, polimerizasyon büzülmesi gibi önemli bir dezavantaja sahiptirler (Demarco ve ark., 2012; Kaisarly ve Gezawi, 2016).

Kompozit rezin materyallerin geliştirilmesinde uygulanan tüm teknolojiye rağmen, materyalde temel bileşen olarak bulunan polimerik matriks, polimerizasyon sırasında büzülmeye neden olmaktadır (Ishikiriama ve ark., 2012). Kompozit rezin materyallerin polimerizasyonu sırasında, internal streslerin gelişmesine neden olan, tipik olarak % 1.5-5 düzeyinde hacimsel bir büzülme gerçekleşmektedir (Ferracane, 2005).

Materyaldeki internal büzülme kuvvetleri diş ve restorasyon arasındaki ara yüze iletilir ve bu da kaspal gerilime (Sakaguchi ve ark., 2004) ve gap formasyonuna neden olabilmektedir (Ishikiriama ve ark., 2007). Polimerizasyon büzülmesi

sonucunda meydana gelen bu mikroaralık, oral sıvıların ve bakterilerin penetrasyonuna izin vererek, marjinal renklenme, sekonder çürük, pulpal irritasyon ve postoperatif hassasiyet gibi klinik problemlerin oluşmasına ortam hazırlamaktadır (Ishikiriama ve ark., 2012). Tüberküllerde oluşan büzülme kuvvetleri ise tüberkül deformasyonu, mine kırığı ve çatlağı oluşumuna neden olabilmektedir (Tantbirojn ve ark., 2004; Al-Harbi ve ark., 2015).

Birçok araştırmacı polimerizasyon streslerinin oluşmasında restorasyonun bağlanan yüzeylerinin serbest yüzeylere oranı olarak tanımlanan konfigürasyon faktörünün (C-Faktörü) önemini bildirmiştir. C faktörünün 1'den daha küçük olduğu kaviterlerde, yavaş gelişen büzülme gerilimi sebebiyle kompozit rezin materyalin kavite duvarlarıyla olan bağlantısı daha yüksek bulunmuştur (Moreira Da Silva ve ark., 2007). Kavitenin geniş ve derin olduğu durumlarda polimerizasyon büzülmesi artış göstermektedir ve bu durum özellikle kompozit rezinin tek tabaka halinde uygulanması durumunda daha da yüksek seviyede ortaya çıkmaktadır. Dar ve yüzeyel kaviterlerde, uygulanan rezin hacminin daha az olmasından dolayı daha düşük polimerizasyon büzülmesi gerçekleşir ve cam iyonomer siman gibi kaide maddelerinin kullanılması halinde polimerizasyon büzülmesi olumlu yönde etkilenir (Ölmez ve Tuna, 2002).

Polimerizasyon reaksiyonu sırasında, organik matrikste bulunan monomerlerin polimer haline dönüşürken birbirlerine yaklaşmaları yapının hacimce küçülmesine sebep olurken, inorganik fazda herhangi bir değişim meydana gelmemektedir. Bu nedenle, kompozit rezin materyallerin içeriğindeki inorganik doldurucuların miktarı arttırıldığında, rezindeki organik matriks oranı azaldığı için polimerizasyon büzülmesi de azalmaktadır (Uluakay ve ark., 2011).

Polimerizasyon büzülmesini etkileyen bir diğer önemli faktör de kompozit rezin materyalin kaviteye yerleştirilme tekniğidir. Yaygın olarak kullanılan inkramental teknikte, materyal kaviteye tabakalar halinde yerleştirilirken tabakaların polimerizasyonu birbirinden bağımsız olarak gerçekleşmektedir. Kompozitlerin küçük tabakalar halinde kaviteye yerleştirilmesi sayesinde, polimerizasyon sırasında materyalin kavite duvarları ile en az teması sağlanmaktadır. Bu teknikte her bir tabakanın büzülmesinin sonraki tabaka tarafından tolere edilmesi, büzülme

vektörlerinin kontrol altında tutulmasını sağlamaktadır (Fabianelli ve ark., 2003; Kuroe ve ark., 2003).

Polimerizasyon büzülmesi sonucu ortaya çıkan olumsuz tabloyu engellemek için alternatif polimerizasyon yöntemleri (soft start,pulsa delay polimerizasyon) ve farklı materyal kombinasyonları (seramik ilaveler, stresi absorbe etmek için akışkan kompozit materyallerle kombine kullanım, açık-kapalı sandviç tekniği) geliştirilmiştir. Ayrıca,  alışmalar kompozit rezin materyallerin yapısal özelliklerinin geliştirilmesi üzerine odaklanmıştır. Bu amaçla doldurucu partikül boyutları optimize edilmiş ve organik matriks modifiye edilmiştir (Leprince ve ark., 2010).

2.5.2. Sekonder   r k

Sekonder çürükler "mevcut restorasyonların sınırında oluşan yeni lezyon" olarak tanımlanmaktadır (Nedeljkovic ark., 2015) ve restoratif materyalden bağımsız olarak, restorasyonların yenilenmesinin temel nedeni olarak bildirilmektedir (Jokstad, 2016). Erişkinlerde sekonder çürük lezyonlarının primer çürük lezyonlarına kıyasla 8 kat daha fazla görülmesi, problemin önemini ortaya koymaktadır (Bulucu ve ark., 1999).

Bazı  alışmalar, cam iyonomer gibi florid salan restoratif materyallerin ve amalgam restorasyonların sekonder çürüklerin ilerlemesini yavaşlattı ını bildirmiştir (Askar ve ark., 2020). Çürük lezyonlarının ilerleyişinin, kompozit rezin restorasyonlara kıyasla amalgam restorasyonlarda oldukça yavaş olmasının sebebinin, amalgamın korozyonundan ve metalik elementlerin antikaryojenik karakterinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Yeşilyurt ve Bulucu, 2003).

2.5.3. Postoperatif Hassasiyet

Postoperatif hassasiyet ile ilgili öne sürülen görüşler içerisinde en yaygın olanı polimerizasyon büzülmesi ile ilgili olan görüştür. Bu görüşe göre, bakteriler ya da zararlı yan ürünleri polimerizasyon büzülmesi sonucunda restorasyon ile dış ara yüzünden dentin tübüllerine penetre olarak pulpal enflamasyon ve postoperatif hassasiyete neden olmaktadır (Dayangaç, 2000).

2.5.4. Su Absorbsiyonu ve Suda Çözünürlük

Tüm restoratif materyaller gibi, kompozit rezin materyaller de sıvı ağız ortamı ile etkileşim halindedir. Kompozit rezin materyallerin tükürük, su, yiyecek-içecek ve oral hijyen ürünlerindeki kimyasal ajanlara maruziyetleri sonucunda (Dos Santos ve ark., 2010), ağız ortamındaki su ve solventler materyal tarafından absorbe edilmekte ve doldurucu partiküller de dahil olmak üzere bazı komponentlerin salınımı gerçekleşebilmektedir. Bu durum su emilimi ve suda çözünürlük olarak tanımlanmaktadır (Sunbul ve ark., 2015).

Başta su olmak üzere, ağız ortamındaki sıvıların etkisiyle kompozit rezin materyallerde yetersiz polimerizasyon meydana gelebilmektedir. Yetersiz polimerizasyon ise kompozit rezin materyallerin bozunması ve aşınmasıyla sonuçlanan olumsuz tablonun ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Ortengren ve ark., 2001).

Su emilimi ve suda çözünürlük, tüm restoratif materyallerin mekanik, fiziksel, kimyasal özelliklerini etkilediği gibi, kompozit rezin materyallerin de yapısı ve

fonksiyonu üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır (Ferracane, 2006). Esas olarak rezin matrikste meydana gelen su emilimi, su moleküllerinin materyale nüfuz ederek kimyasal bozunmayı tetiklemesine, matriks içerisindeki doldurucu partiküllerin rezin ile olan bağlantısının zayıflamasına, materyalden bozunma ürünlerinin ve artık monomerlerin salınmasına neden olmaktadır (Ortengren ve ark., 2001).

Kompozit rezin materyallerin doldurucu içeriği, su emilimi özelliklerini etkilemektedir (Ortengren ve ark., 2001). Yapılan çalışmalar sonucunda, su emilimi ile doldurucu miktarı arasındaki ilişkinin önemli olduğu ve rezin içeriğinin artmasıyla su emiliminin de artış gösterdiği bildirilmiştir (Yap ve Lee, 1997). Ayrıca pek çok çalışmada, kısa sürede polimerize olan kompozit rezin materyallerin su emilimi ve suda çözünürlük değerlerinin anlamlı derecede yüksek olduğu belirtilmiştir (Sideridou ve ark., 2003). Polimerizasyonu tamamlanmamış kompozit rezin materyallerde su emilimi ve hidrolitik bozunma daha yüksek oranlarda gözlemlendiği gibi, radyoopasite artışı sağlamak için baryum ve stronsiyum eklenen kompozit rezinlerin de hidrolitik bozunma miktarlarının daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Anusavice ve ark., 2012).

2.5.5. Mikrosızıntı

Kompozit rezin materyaller günümüzde sadece estetik özellikleri nedeniyle değil aynı zamanda diş dokularına adezyon yetenekleri nedeniyle de yaygın olarak kullanılmaktadır (Ortengren ve ark., 2001). Ancak, kompozit rezin ve adeziv materyal teknolojisinde yaşanan ilerlemelere rağmen, polimerizasyon büzülmesi ve buna bağlı olarak gelişen mikrosızıntı, kompozit restorasyonlardaki kaçınılmaz bir dezavantaj olmaya devam etmektedir (Boruziniat ve ark., 2016).

Bakterilerin, oral sıvıların, moleküllerin, iyonların kavite duvarları ile restorasyon materyali arasından geçişi olarak tanımlanan mikrosızıntı, restorasyonların klinik ömrü ve başarısı açısından büyük öneme sahiptir (Erdemir ve

Yaman, 2011). Yapılan çalışmalarda mikrosızıntının, postoperatif duyarlılık, sekonder çürük, pulpal inflamasyon ve pulpal nekroz için önemli bir risk faktörü olduğu belirtilmiştir (Özdoğan ve ark., 2018).

Mikrosızıntı oluşumuna etki eden faktörler, polimerizasyon büzülmesi, polimerizasyon esnasında oluşan stresler, mine, dentin ve restoratif materyaller arasındaki termal genleşme katsayısı farklılıkları, restoratif materyallerle diş sert dokularının yetersiz bağlanması, restoratif materyalin okluzal kuvvetlerin etkisiyle elastik deformasyona uğraması, ağız içerisinde restorasyonların maruz kaldığı termal, mekanik, kimyasal stresler ve iatrojenik hatalar olarak sayılabilir (Altun, 2004; Moreira Da Silva ve ark., 2007).

2.6. Mikrosızıntı Tespit Yöntemleri

Restorasyonun başarısını olumsuz yönde etkileyen mikrosızıntının tespiti in vitro ve in vivo olarak yapılabilir ancak in vitro çalışmalar daha sıklıkla tercih edilmektedir (Erdemir ve Yaman, 2011).

2.6.1. Klinik Tespit Yöntemleri

Mikrosızıntının klinik tespit yöntemleri, restoratif materyallerin başarısının değerlendirilmesinde in vitro değerlendirme yöntemlerine kıyasla daha değerli kabul edilmektedir. Ancak klinik değerlendirme çalışmalarının standardizasyonundaki zorluk ve değerlendirmelerin uzun zaman alması, hızla gelişen restoratif materyallerin ve adeziv sistemlerin başarısının belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle in vitro

yöntemler mikrosızıntı çalışamalarında sıklıkla tercih edilmektedir (Türkün ve Ergücü, 2004).

Ryge (1980) tarafından, restoratif materyallerin klinik şartlarda estetik özelliklerini ve fonksiyonel performanslarını değerlendirmek amacıyla geliştirilen USPHS kriterlerinden, kenar renklenmesi, kenar uyumu ve sekonder çürük değerlendirmesi, mikrosızıntının klinik tespitinde belirteç olarak kullanılmaktadır (Arslan, 2016; Bayne ve Schmalz, 2005).

Hickel ve ark. (2007) tarafından, fonksiyonel, biyolojik ve estetik özellikler olmak üzere üç kategoride toplanan FDI klinik değerlendirme kriterleri yayınlanmıştır. Bu kriterlere göre ise, fonksiyonel özellikler kategorisinde yer alan kenar uyumu ile estetik özellikler kategorisinde yer alan yüzey ve kenar renklenmesi, mikrosızıntının klinik değerlendirilmesinde kullanılan belirteçlerdir (Arslan, 2016).

2.6.2. İn Vitro Tespit Yöntemleri

2.6.2.1. Boya Penetrasyon Yöntemi

Mikrosızıntı araştırmalarının büyük bir kısmı, diş sert dokusu ile restorasyon arayüzüne penetre olan boya miktarının incelenmesi ile gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem kolay ve basit uygulaması ve hızlı ve direkt ölçümlere imkan sağlaması nedeniyle mikrosızıntının tespiti için tercih edilen en eski yöntemlerdendir ve günümüzde hala sıklıkla tercih edilmektedir (Taylor ve Lynch, 1992; Alani ve Toh, 1997).

Mikrosızıntı çalışamalarında en sık, bazik fuksin (% 0.5-2), metilen mavisi (% 0,2-2), floresan (% 2-20), kristal viyole (% 0,05), gümüş nitrat (% 50), anilin mavisi

(% 2), toluidin mavisi (% 0,25), eritrosin (% 2), Rodamin B (% 0,2), fosforikasit (% 37) ve akridin turuncusu (% 0,1) kullanılmaktadır (Ayyıldız, 2009).

Boya penetrasyon yönteminde, örnekler restoratif işlem uygulandıktan sonra, kök uçları boya sızıntısını önlemek amacıyla mum ya da rezin esaslı bir materyal ile kapatılmaktadır. Ardından mikrosızıntının değerlendirileceği bölge dışında kalan tüm yüzeyler vernik ya da cila gibi su geçirmez bir madde ile kaplanmakta ve örnekler hazırlanan solüsyonun içine bırakılmaktadır. Örneklerin solüsyon içinde kalma süresinin tercih edilen boya maddesine, maddenin partikül büyüklüğüne ve hazırlanan yoğunluğa göre değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir (Alani ve Toh, 1997). Belirlenen süre boyunca oda sıcaklığında bekletilen örneklerin çıkarıldıktan sonra akan suyun altında yıkanarak temizlenmesi ve etrafındaki cilanın uzaklaştırılmasını takiben aşağıdaki yöntemlerden biri kullanılarak mikrosızıntı değerlendirmesi yapılmaktadır:

- **Kesit Alma Yöntemi:** Bu yöntem, hazırlanan örneklerden kesit alınması veya aşındırma işlemi yapılması ile, mikrosızıntının araştırılması istenilen bölgelerin mikroskop altında değerlendirilmesi ve boyanın penetrasyon miktarının ölçülmesi şeklinde uygulanmaktadır (Taylor ve Lynch, 1992).
- **Şeffaflaştırma Yöntemi (Dehidratasyon-Demineralizasyon):** Bu teknikte, restorasyonu tamamlanan dişlerin sırasıyla 48 saat kadar % 5'lik nitrik asitte, 24 saat süreyle % 80'lik etil alkolde, ardından 2 saat kadar % 90'luk etil alkolde ve son olarak da 3 saat % 100'lük etil alkolde bekletilerek dehidrate edilmesi amaçlanmaktadır. Bu işlemlerin ardından, 24 saat metil salisilatta bekletilen ve bu sayede tamamen şeffaflaşan örneklerde boya penetrasyonu görünür hale gelmekte ve mikrosızıntı tespiti amacıyla fotoğraf çekilerek kayıt alınmaktadır (Ayyıldız, 2009).
- **Volümetrik Ölçüm Yöntemi:** Bu yöntemde dişler, boya solüsyonunda bekletme işleminin ardından, nitrik asit solüsyonuna daldırılmak suretiyle çözündürme işlemi uygulanmaktadır. Nitrik asit içerisindeki boya konsantrasyonu spektrofotometre kullanılarak incelenmekte ve mikrosızıntı miktarı tespit edilmekte, ancak mikrosızıntının lokalizasyonu tespit edilememektedir (de Magalhaes, 1999).

Radyasyona ve kimyasal reaksiyona ihtiyaç duyulmaması, toksik olmaması, ucuz ve kolay uygulanabilir olması, hızlı ve direkt ölçüm yapmaya imkan sağlaması tekniğin avantajlarını olarak sayılabilirken (Ayyıldız, 2009), üç boyutlu olan sızıntının iki boyutlu olarak izlenmesi ve sızıntının yoğunluğundaki farklılaşmaların tespit edilememesi de tekniğin dezavantajlarını oluşturmaktadır (Alani ve Toh, 1997; Hientze, 2007; Ayyıldız, 2009). Fakat bu sorun, aynı örnekten farklı kesitler alınması ya da şeffaflaştırma yönteminin tercih edilmesi ile büyük oranda elimine edilmektedir (Alani ve Toh, 1997).

2.6.2.2. Nötron Aktivasyon Analizi

Nötron aktivasyon analizi mikrosızıntıyı hem in vitro hem de in vivo incelemek için kullanılabilir. Bu teknikte, restore edilmiş dişler radyoaktif olmayan bir manganez (Mn) tuzunun sulu çözeltisine daldırılmakta, daha sonra dişler temizlenerek bir nükleer reaktörün çekirdeğine yerleştirilmektedir. Teknik, radyoaktif olmayan Mn55'in, reaktörde Mn56'ya aktive edilmesi ve Mn56'nın x-ışını emisyonunun ölçülmesi prensibine dayanmaktadır. İn vivo inceleme, yapılan restorasyonun kimyasal Mn ile işaretlenmesi, ardından dişin çekilmesi ve nükleer reaktörde Mn55 bombardımanı yapılması ile uygulanmaktadır (Alani ve Toh, 1997).

Bu tekniğin, karmaşık ve yüksek maliyetli oluşu, mikrosızıntı tespiti için kesit alınırken radyasyon maruziyeti oluşturması ve restoratif materyalde ya da dişte Mn varlığının sonuçların değişkenliğine neden olması gibi limitasyonları mevcuttur (Taylor ve Lynch, 1992; Alani ve Toh, 1997).

2.6.2.3. Radyoaktif İzotop Yöntemi

Mikrosızıntının tespiti amacıyla yaygın olarak kullanılan bir diğer yöntem de radyoaktif izotop yöntemidir. Restorasyon alanıyla komşu yüzeyler hariç tüm bölgeler vernik benzeri bir materyalle izole edildikten sonra, birkaç saat süreliğine radyoaktif

izotop çözeltisinde bekletilir ve durulanıp kurutulduktan sonra uzunlamasına alınan kesitler röntgen filmi üzerine bırakılır. Elde edilen otoradyograflar, restorasyon ve kavite duvarı arasına penetre olan radyoaktif izotopun varlığının ve yerinin tespit edilmesini sağlar.

Radyoaktif izotop yönteminde en sık I131, Ca45, S35, Na22, C14, P32 izotopları kullanılmaktadır. İzotop molekülleri (40 µm), boya partiküllerinden (120 µm) daha küçük oldukları için bu yöntem çok küçük miktarlardaki sızıntıyı bile tespit etmeye imkan sağlar ki bu da tekniğin öncelikli avantajını oluşturmaktadır (Alani ve Toh, 1997, Erdemir ve Yaman, 2011). Radyoizotop yöntemi mikrosızıntı tespitinde boya penetrasyon yöntemine göre daha hassas olmasına rağmen, izotop moleküllerinin diş dokusu veya restoratif materyallere olan afiniteleri yanıltıcı bir dağılım oluşmasına neden olabilmektedir (Alani ve Toh, 1997). Ayrıca, karmaşık ve hassas uygulama gerektiren bu teknik; radyoaktif madde kullanımı nedeniyle güvenlik için ilave bir takım tedbirlerin alınmasını gerektirmektedir (Alani ve Toh, 1997; Ayyıldız, 2009; Karadağ, 2005).

2.6.2.4. Elektrokimyasal Yöntem

Elektrokimyasal yöntemde, eksternal güç kaynağına bağlı, elektrolit içine daldırılmış iki metal parçasının arasında meydana gelen elektrik akımı ölçülmektedir. Boyut değişimi, devreden geçen akımdaki değişikliklerle gösterilmektedir. Kavitenin boyutu sabit olduğu için devrede ölçülen değer, materyalin boyutsal değişimine karşılık gelmektedir (Karadağ, 2005).

Bu teknik, aynı dişin uzun süren bir gözlem süresince kantitatif olarak ölçümüne ve kıyaslanmasına imkan sağlarken, örneğe herhangi bir zarar verilmediğinden dolayı boyutsal değişim çok uzun bir süre boyunca izlenebilmektedir (Iwami ve ark., 2000; Pradelle-Plasse ve ark., 2004)

2.6.2.5. Kimyasal Ajanların Kullanılması

Bu yöntem radyoaktif olmayan, iki renksiz bileşenin girdikleri reaksiyon sonucu diş-restorasyon ara yüzüne çökeltirerek opak bir görüntü vermeleri prensibine dayanmaktadır (Taylor ve Lynch, 1992). Teknikte kullanılan bileşenlerin her ikisinin de penetre olabilme zorunluluğu bulunmaktadır. Sızıntının tespit edilmesi amacıyla başta % 50'lik gümüş nitrat tuzu olmak üzere, en sık gümüş tuzları kullanılmaktadır (Alani ve Toh, 1997; Erdemir ve Yaman, 2011).

Hassas bir test yöntemi olması ve kullanılan kimyasal ajanların radyoaktif olmaması, tekniğe önemli bir avantaj sağlarken (Pashley ve ark., 1992), sonuçların subjektif olarak yorumlanması dezavantaj oluşturmaktadır (Ayyıldız, 2009). Ayrıca gümüş nitrat kullanılması halinde, cam iyonomer restorasyonlarda gümüş iyonlarının restorasyonun yapısına katılması boyanmaya sebep olurken, amalgam restorasyonlarda ise gümüş iyonları ve amalgam bileşenlerinin reaksiyonu marjinal aralık boyunca yayılmayı engellemektedir (Alani ve Toh, 1997; Gwinnett ve ark., 1995)

2.6.2.6. Bakteriyel Sızıntı Yöntemi

Bu yöntemde, restore edilen dişlerin bakteri kültürü içerisine daldırılmasından sonra diş dokuları ile restoratif materyal arasından sızan bakteri toksinleri ve diğer bakteri ürünleri incelenmektedir (Taylor ve Lynch, 1992; Ayyıldız, 2009). Sızıntının derecesi, bakterilerin özel yöntemlerle boyanmasıyla belirlenmektedir (Bergenholtz ve ark., 1982; Taylor ve Lynch, 1992; Alani ve Toh, 1997). Bu teknikte bakteriyel sızıntının gerçekleşebilmesi için diş dokusu ile restorasyon ara yüzü arasındaki açıklığın 0,5-1 µm veya daha büyük olması gereklidir; aksi halde oluşan aralık bakteri toksinlerinin ve diğer bakteri ürünlerinin penetreyonuna izin vermeyeceği için teknik kullanışlı olmayacaktır (Bergenholtz ve ark., 1982; Taylor ve Lynch, 1992; Alani ve Toh, 1997).

Bu teknikte ağız içinden izole edilebilecek ve laboratuvarında çalışmaya uygun bakterilerin tercih edilmesi gerekliliğine dikkat çekilmektedir (Taylor ve Lynch, 1992; Alani ve Toh, 1997; Zivkovi'c ve ark., 2001). Sıklıkla S. Sangius, S. Epidermidis, S. Mutans ve kromopetit floresan pigmenti içerdiği için izlenmesi kolay olan P. Floresans gibi bakteri türleri tercih edilir. Bu yöntemin en önemli olumsuz özelliği sonuçların kalitatif olmasıdır . (Taylor ve Lynch, 1992; Zivkovi'c ve ark., 2001; Erdemir ve Yaman, 2011).

2.6.2.7. Sıvı Filtrasyon Tekniği (Hava Basıncı Yöntemi)

Çok eski yıllardan beri kullanılan bu yöntemde, dişe, kök kanalı ve pulpa boyunca basınçlı hava uygulayıp statik sistem içinde kaybolan basıncın ölçülmesi ile sızıntının tespiti yapılmaktadır. Kökleri dışarıda kalacak şekilde su içine yerleştirilen dişlerin, kök kanalları ve pulpa odasına hava basıncının uygulanması ve su içerisindeki restorasyonun kenarlarından hava kabarcığının çıkması kenar uyumsuzluğunun belirtisi olarak kabul edilmektedir (Erdemir ve Yaman, 2011). Bu tekniğin diş dokularına herhangi bir olumsuz etkisi bulunmasa da, çalışma gücü, ayrıntılı cihaz gerekliliği, zaman alıcı olması ve klinik çalışmalar için uygun olmaması tekniğin eleştirilen özellikleridir (Taylor ve Lynch, 1992).

2.6.2.8. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) Analiz Tekniği

Boya penetrasyon tekniğinde kullanılan boyalardan herhangi biriyle mikrosızıntı tespitinin ardından, örnekler SEM'de analiz edilerek restoratif materyalle diş dokuları arasındaki marjinal uyum incelenmektedir (Karadağ, 2005). Diğer mikrosızıntı değerlendirme yöntemleriyle birlikte kullanıldığında, verilerin doğrulanması sağlanabilmektedir. Örneklerden kesit alınması sırasında oluşabilecek bozuklukların, değerlendirme aşamasında yanılgıya yol açabilmesi tekniğin en önemli dezavantajıdır (Taylor ve Lynch, 1992).

2.6.3. Ağız İçi Koşulları Taklit Etmek İçin Kullanılan Test Yöntemleri

Ağız içerisindeki sıcaklık değişiklikleri, enzimlerin ve asitlerin oluşturduğu kimyasal ataklar ve çiğneme kuvvetlerine uzun süreli maruziyet, restorasyonların marjinal bütünlüğünde bozulmaya sebep olabilmektedir. Kimyasal, mekanik ve termal yük streslerine bağlı olarak gelişen marjinal bütünlükteki kayıp, kompozit rezin restorasyonların klinik ömrünün kısalmasına neden olan faktörler arasındadır (Bedran de Castro ve ark., 2003).

Ağız içi koşulların in vitro ortamda taklit edilmesi amacıyla farklı yöntemler uygulanmaktadır.

2.6.4.1. Termal Siklus ile Yaşlandırma Yöntemi

En yaygın kullanılan yapay yaşlandırma yöntemlerinden bir tanesi olan termal siklus yöntemi, oral kavitede 0-68 °C arasında meydana gelen ısı değişimlerini in vitro koşullarda taklit ederek, diş sert dokusu ile restoratif materyal arasındaki genleşme katsayısı farklılıklarının değerlendirilmesine imkan sağlamaktadır (Kubo ve ark., 2001; Erdilek ve ark., 2009; Dalli ve ark., 2010). Restoratif materyallerin değerlendirilmesinde ağız içi koşullarının taklit edilmesi yöntemi bu güne kadar pek çok araştırmacı tarafından uygulanmıştır (Gale ve Darvell, 1999; Li ve ark., 2002; Frankenberger ve Tay, 2005).

Normal şartlarda ağız içi ortam ısısının yaklaşık olarak 35,2 °C olduğu tespit edilmiştir (Ok, 2017). ISO TR 11405 standartlarında örneklere 5 °C ve 55 °C'deki su banyolarında 500 devir termal siklus uygulanmasının uygun bir yapay yaşlandırma test biçimi olduğu rapor edilmiştir. (ISO/TS 11405. (2003). Gale ve Darwell (1999)'e göre ISO standartlarında 10.000 devir yaklaşık olarak in vivo bir yıllık fonksiyona karşılık gelmektedir.

Termal siklus ile elde edilen yapay yaşlandırmanın etkisi; sıcak suyun kollajenlerin hidrolizini çabuklaştırması ve restorasyonda kullanılan materyallerin termal genişleme-büzülme katsayılarının diş dokularından yüksek olması sebebiyle, diş-materyal ara yüzeyinde tekrarlayan genişleme-büzülme streslerine neden olabilmesi şeklinde ortaya çıkmaktadır (Abdalla ve ark., 2007; Akın ve ark., 2012).

2.6.4.2. Bekletme ile Yaşlandırma Yöntemi

Bu yöntemde örnekler, sıklıkla 37 °C'deki yapay tükürük ya da su içerisinde belirli bir süre boyunca bekletilerek yaşlandırılmaktadır (De Munck ve ark., 2005; Abdalla ve ark., 2007). Bekletme süresi birkaç aydan 4-5 yıla kadar değişebilmekte, hatta bu süre daha uzun olarak da uygulanabilmektedir. Kısa süreli bekletmelerde bile bağlanma kuvvetinin belirgin miktarda azaldığı yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Giannini ve ark., 2003; Abdalla ve ark., 2007; Akın ve ark., 2012).

2.6.4.3. Okluzal Yükleme ile Yaşlandırma Yöntemi

Doğal koşulları simüle etmenin diğer bir yolu da diş sert dokularına mekanik olarak kuvvet yüklemesi yapmaktır (Frankenberger ve ark., 2005).

"Mekanik Sızıntı" kavramı, restoratif materyaller ve diş yapıları arasındaki mikroaralıkta bulunan sıvı üzerinde orantısız basınç oluşturan mekanik faktörleri taklit etmek için Youngson tarafından ileri sürülmüştür (Youngson ve ark., 1998; Youngson ve ark., 1999). Yükleme yapılan dişlerde, restorasyonların boyutsal olarak stabil olmaması, materyallerin mikrosızıntı ve marjinal kırık riskine sahip olduklarının bir işareti olarak kabul edilmektedir. Ancak bazı araştırmacılar, okluzal yüklemenin marjinal aralık boyutları üzerinde bir etki oluşturmadığını savunmuşlardır (Lieberman ve ark., 2001; Hiroyuki ve ark., 2003).

İn vitro koşullarda yapılan mikrosızıntı çalışmalarının değerlendirilmesinde, restore edilmiş dişlere hem termal siklus hem de okluzal yükleme uygulanmasının in vivo koşulları daha iyi taklit edebileceği ileri sürülmüştür (Karadağ, 2005).

3. GEREÇ - YÖNTEM

3.1. Etik Kurul Onayı ve Gerekli Resmi İzinler

Araştırmamız için Kırıkkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu'ndan etik kurul onayı (Karar No: 2020.11.11, Tarih: 26.11.2020) (Ek-1) alınmıştır. Çalışmamız Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'nin desteği (Proje no: 2020/093) ile yürütülmüştür.

3.2. Doğal Dişlerin Toplanması

Çalışmamız, Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'nda in vitro olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda iki farklı teknikle uygulanan üç farklı kompozit rezin materyalin mikrosızıntısının değerlendirilmesi için 90 adet insan molar dişi kullanılmıştır. Araştırmamızda kullanılan tüm dişler Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı'na başvuran ve diş çekimi endikasyonu bulunan hastalardan elde edilmiştir. İşlem öncesinde tüm hastalara bilgilendirilmiş onam formu okutularak, kabul ettiklerine dair yazılı onamları alınmıştır. Yeni çekilmiş insan molar dişleri, çekimi hemen takiben sert ve yumuşak doku artıkları uzaklaştırıldıktan sonra lastik/fırça ve pomza patı ile temizlenmiş ve ışık mikroskopu altında 20X büyütme ile incelenerek, minede çürük, gelişimsel defekt, çatlak ve kron ve kök yüzeylerinde çekim travması tespit edilen dişler çalışma dışında bırakılmıştır. Araştırmaya dahil edilen dişler (n=90) deneyler yapılabilecek +4°C'de her hafta yenilenen distile su içerisinde saklanmıştır.

3.3. Örneklerin Hazırlanması

Bu in vitro çalışmada; molar dişlerine açılan standart Sınıf I kavitelerin; konvansiyonel teknik ve stamp tekniği kullanılarak; bir nanofil kompozit (Filtek™ Ultimate Universal Restoratif; 3M ESPE, St. Paul, MN, USA), bir enjekte edilebilen kompozit (G-ænial Universal Injectable; GC Corporation, Tokyo, Japan) ve bir bulk fill kompozit (Filtek™ One Bulk Fill Restoratif; 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) rezin materyal ile yapılan restorasyonların mikrosızıntı değerlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışmamızda mikrosızıntı değerlerine ek olarak, kullanılan teknik ve materyallerin süre bazında anlamlı bir fark oluşturup oluşturmadığı da araştırılmıştır.

Bu çalışmada restoratif materyal olarak G-ænial Universal Injectable ve Filtek™ Ultimate Universal Restoratif tabakalama tekniği ile; Filtek™ One Bulk Fill Restoratif ise tek tabaka halinde kullanılmıştır. Üretici firmaların önerileri doğrultusunda G-ænial Universal Injectable, G-Premio Bond (GC Corporation, Tokyo, Japan) ile; Filtek™ Ultimate Universal Restoratif ve Filtek™ One Bulk Fill Restoratif ise Single Bond Universal (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) universal adeziv sistemleriyle selektif-etch tekniği kullanılarak uygulanmıştır (Çizelge 3.1.).

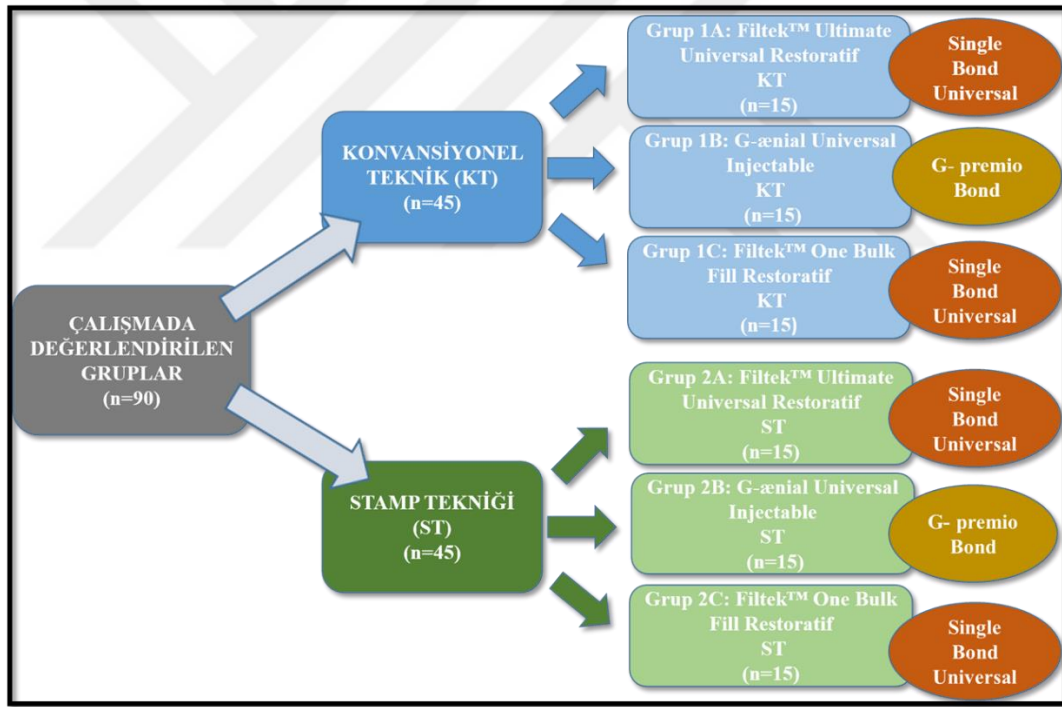
Çalışmada kullanılan adeziv sistemler Şekil 3.1.'de, restoratif materyaller Şekil 3.2.'de, kimyasal içerikleri ise Çizelge 3.2.'de yer almaktadır.

Yapılan power analizine göre çalışmamıza 90 adet molar diş dahil edilmiştir. Gruplarda birinci, ikinci ve üçüncü molar dişlerin mümkün olduğu kadar eşit sayılarda bulunmasına dikkat edilmiştir. Dişler konvansiyonel teknik ve stamp tekniği uygulanmak üzere 2 ana gruba; ardından her grup, 3 farklı kompozit rezin materyalle restore edilmek üzere 3 alt gruba (n=15) rastgele ayrılmıştır. Stamp tekniği uygulanacak grupta, manipülasyonu kolaylaştırmak amacıyla, üretici firma önerileri doğrultusunda restore edilecek dişin mezialine ve distaline fantom dişler gömülerek alçı model hazırlanmıştır.

Dişlere 4 mm derinlikte, meziodistal ve bukkolingual olarak 4 mm genişlikte standardize Sınıf I kaviteler açılmıştır (Şekil 3.3.). Kaviteler, su soğutma altında aerotör ve silindirik elmas fissür frez yardımıyla açılmış, kavite boyutları periodontal sond ile ölçülmüştür. Her 10 dişte bir, kullanılan frez yenisi ile değiştirilmiştir.

Tüm gruplarda ilk aşama olarak mineye selektif-etch tekniği ile 15 sn süreyle %37'lik fosforik asit jel (Panora 200, Imicryl, Türkiye) (Şekil 3.4.) uygulanmış; ardından 30 sn boyunca hava-su spreyi ile yıkanmış ve 5 sn boyunca hava ile kurutulmuştur.

Çizelge 3. 1. Çalışma gruplarının şematik görünümü



- **Grup 1A: Filtek™ Ultimate Universal Restoratif (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) - Konvansiyonel Teknik (n=15):** Üretici firmanın talimatlarına uygun şekilde Single Bond Universal (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) dişlerin mine

ve dentin yüzeylerine uygulandıktan sonra 5 sn hava ile kurutulmuştur. Ardından LED ışık kaynağı (Monitex, BlueLEX LD-M1, Taipei, Taiwan) ile 10 sn polimerize edilmiştir. Filtek™ Ultimate Universal Restoratif 2 mm'lik tabakalar halinde kaviteye uygulanmış ve her bir tabakanın 10 sn süreyle LED ışık kaynağı ile polimerize edilmesi ile dişler restore edilmiştir.

- **Grup 1B: G-ænial Universal Injectable (GC Corporation, Tokyo, Japan) - Konvansiyonel Teknik (n=15):** Üretici firmanın talimatlarına uygun şekilde G-Premio Bond (GC Corporation, Tokyo, Japan) dişlerin mine ve dentin yüzeylerine uygulandıktan sonra 5 sn havayla kurutulmuştur. Ardından LED ışık kaynağı ile 10 sn polimerize edilmiştir. G-ænial Universal Injectable 2 mm'lik tabakalar halinde kaviteye uygulanmış ve her bir tabakanın 10 sn süreyle LED ışık kaynağı ile polimerize edilmesi ile dişler restore edilmiştir.
- **Grup 1C: Filtek™ One Bulk Fill Restoratif (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) – Konvansiyonel Teknik (n=15):** Üretici firmanın talimatlarına uygun şekilde Single Bond Universal dişlerin mine ve dentin yüzeylerine uygulandıktan sonra 5 sn havayla kurutulmuştur. Ardından LED ışık kaynağı ile 10 sn polimerize edilmiştir. Filtek™ One Bulk Fill Restoratif 4 mm'lik tek tabaka halinde kaviteye yerleştirildikten sonra LED ışık kaynağı ile 20 sn polimerize edilmiştir.
- **Grup 2A: Filtek™ Ultimate Universal Restoratif (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) - Stamp Tekniği (n=15):** Stamp tekniği uygulamak amacıyla, dişlere standardize Sınıf I kaviteler açılmadan önce EXACLEAR (GC Corporation, Tokyo, Japan) (Şekil 3.5.) ile okluzal indeks oluşturulmuştur. EXACLEAR ilgili dişin okluzal yüzeyini kapladıktan sonra ölçü maddesinin sertleşmesi beklenmiş ve ölçü maddesi diş yüzeyinden nazikçe çıkarılmıştır (Şekil 3.6.). Dişin kavite preparasyonu tamamlanıp restore edilene kadar, elde edilen indeks muhafaza edilmiştir. Kavite preparasyonunun ardından, üretici firmanın

talimatlarına uygun şekilde Single Bond Universal dişlerin mine ve dentin yüzeylerine uygulandıktan sonra 5 sn havayla kurutulmuştur. Ardından LED ışık kaynağı ile 10 sn polimerize edilmiştir. Filtek™ Ultimate Universal Restoratif 2 mm'lik tabakalar halinde kaviteye uygulanmış, her bir tabaka 10 sn süreyle LED ışık kaynağı ile polimerize edilmiştir. Son katman olarak uygulanan kompozit rezin materyal polimerize edilmeden önce, kavite preparasyonu öncesi elde edilen okluzal indeksin diş üzerine orijinal anatomik pozisyonda yerleştirilmesi, sıkıca bastırılması ve hem bu pozisyondayken hem de indeks çıkarıldıktan sonra LED ışık kaynağı ile 10 sn polimerize edilmesi ile dişler restore edilmiştir.

- **Grup 2B: G-ænial Universal Injectable (GC Corporation, Tokyo, Japan)**
- **Stamp Tekniği (n=15):** Stamp tekniği uygulamak amacıyla, Grup 2A'da anlatıldığı şekilde okluzal indeks oluşturulmuştur. Kavite preparasyonunun ardından, üretici firmanın talimatlarına uygun şekilde G-Premio Bond dişlerin mine ve dentin yüzeylerine uygulandıktan sonra 5 sn havayla kurutulmuştur. Ardından LED ışık kaynağı ile 10 sn polimerize edilmiştir. G-ænial Universal Injectable 2 mm'lik tabakalar halinde tabakalama tekniği ile uygulanmış, her bir tabaka 10 sn süreyle LED ışık kaynağı ile polimerize edilmiştir. Son katman olarak uygulanan kompozit rezin materyal polimerize edilmeden önce, kavite preparasyonu öncesi elde edilen okluzal indeksin diş üzerine orijinal anatomik pozisyonda yerleştirilmesi, sıkıca bastırılması ve hem bu pozisyondayken hem de indeks çıkarıldıktan sonra LED ışık kaynağı ile 10 sn polimerize edilmesi ile dişler restore edilmiştir (Şekil 3.7.).
- **Grup 2C: Filtek™ One Bulk Fill Restoratif (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) - Stamp Tekniği (n=15):** Stamp tekniği uygulamak amacıyla, Grup 2A'da anlatıldığı şekilde okluzal indeks oluşturulmuştur. Kavite preparasyonunun ardından, üretici firmanın talimatlarına uygun şekilde Single

Bond Universal dişlerin mine ve dentin yüzeylerine uygulandıktan sonra 5 sn havayla kurutulmuştur. Ardından LED ışık kaynağı ile 10 sn polimerize edilmiştir. Filtek™ One Bulk Fill Restoratif 4 mm'lik tek tabaka halinde kaviteye yerleştirildikten sonra, kavite preparasyonu öncesi elde edilen okluzal indeksin diş üzerine orijinal anatomik pozisyonda yerleştirilmesi, sıkıca bastırılması ve hem bu pozisyondayken hem de indeks çıkarıldıktan sonra LED ışık kaynağı ile 20 sn polimerize edilmesi ile dişler restore edilmiştir.

Stamp tekniği uygulanan grupta indeks çıkarılıp, okluzal anatomi kontrol edildikten sonra; konvansiyonel teknik uygulanan grupta ise uygun morfoloji sağlandıktan sonra bitirme ve polisaj işlemleri üretici firmaların önerileri doğrultusunda tamamlanmıştır.

Restoratif prosedür uygulanırken kullanılan teknik ve materyal seçiminin süre bazında anlamlı bir fark oluşturup oluşturmadığının tespiti amacıyla, tüm gruplarda; kavite preparasyonlarının tamamlandığı andan, bitirme ve polisaj işlemlerinin tamamlandığı ana kadar geçen süre dijital bir kronometre ile ölçülüp kaydedilmiştir.



Şekil 3. 1. Çalışmamızda kullanılan adeziv sistemler



Şekil 3. 2. Çalışmamızda kullanılan kompozit rezin materyaller



Şekil 3. 3. Örneklere uygulanan 4 mm derinlik, meziodistal ve bukkolingual olarak 4 mm genişliğe sahip standart sınıf I kavite preparasyonu



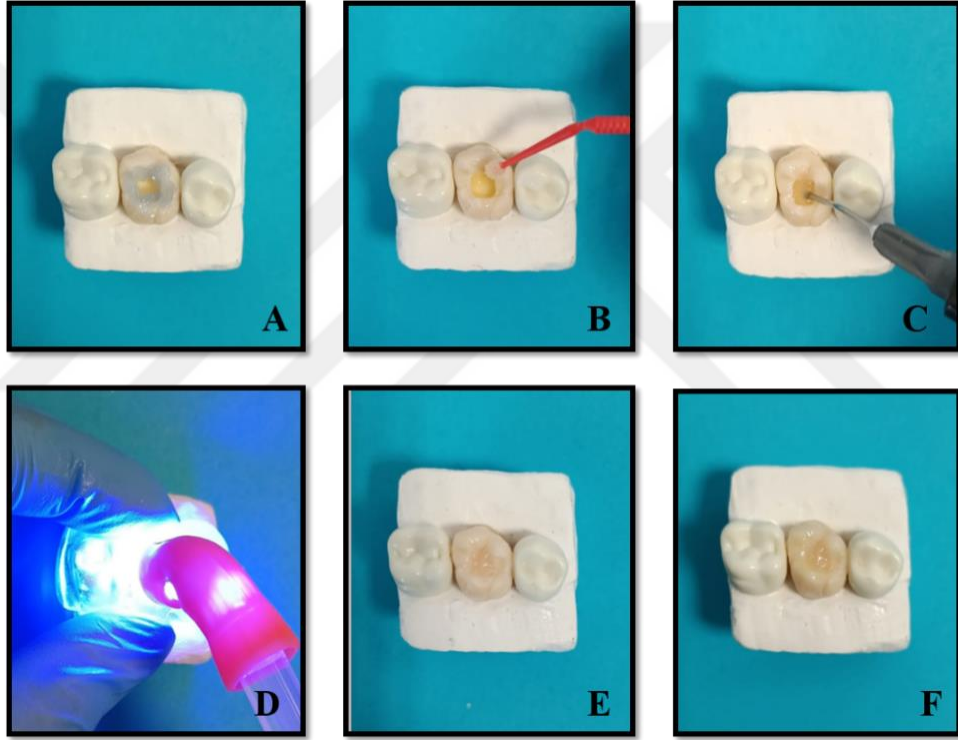
Şekil 3. 4. Çalışmamızda kullanılan %37 fosforik asit jel



Şekil 3. 5. Çalışmamızda kullanılan şeffaf polivinilsiloksan ölçü materyali



Şekil 3. 6. 'Stamp Tekniği' uygulanmak üzere elde edilen okluzal indeks



Şekil 3. 7. G-aenial Universal Injectable'in stamp tekniği ile uygulanma adımları

(A: %37 fosforik asit jel ile selektif - etch uygulama aşaması; B: Mine ve dentin yüzeylerine adeziv sistem uygulama aşaması; C: Kaviteye G-aenial Universal Injectable'in uygulanma aşaması; D: Okluzal indeks üzerinden kompozit rezinin polimerizasyonu; E: Örneğin indeks çıkarıldıktan hemen sonraki görüntüsü; F: Örneğin bitirme ve polisaj işlemleri tamamlandıktan sonraki görüntüsü)

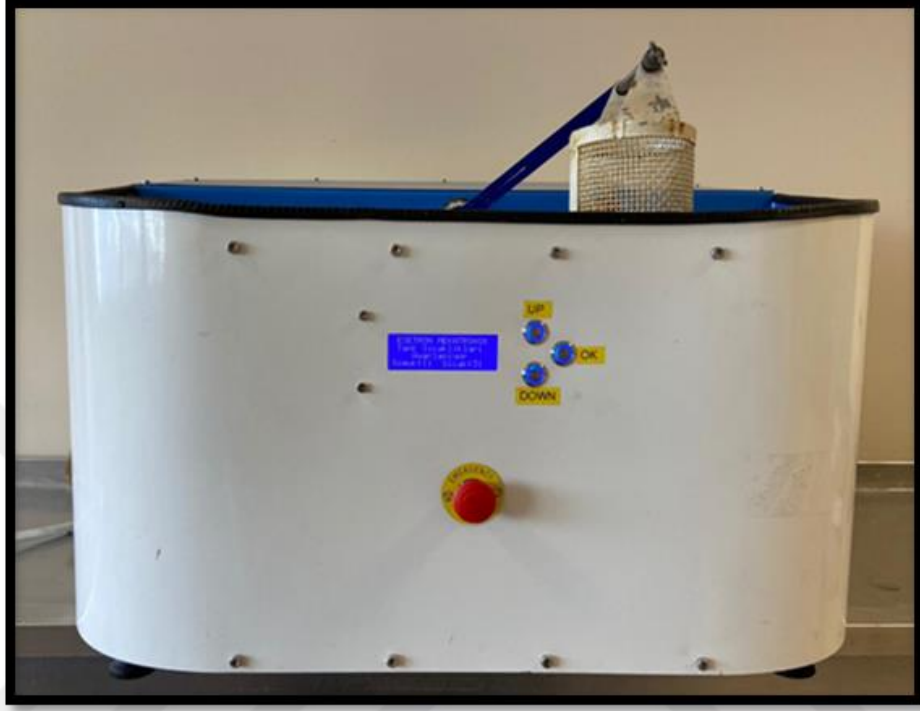
Çizelge 3. 2. Çalışmada kullanılan materyallerin kimyasal içerikleri

ÜRÜN ADI	ÜRETİCİ FİRMA	KİMYASAL İÇERİK
3M™ Filtek™ Ultimate Universal Restoratif	3M ESPE, St. Paul, MN, USA	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, PEGDMA, Bis-EMA, zirkonya/silika doldurucu
3M™ Filtek™ One Bulk Fill Restoratif	3M ESPE, St. Paul, MN, USA	AFM, AUDMA, UDMA, 1, 12-dodecane-DMA, YbF ₃ , zirkonya/silika doldurucu
G-ænial® Universal Injectable	GC Corporation, Tokyo, Japan	Metakrilat monomeri, Silika, Baryum cam partikülleri, Pigmentler, Fotobaşlatıcılar
3M™ Single Bond Universal Adhesive	3M ESPE, St. Paul, MN, USA	MDP Fostfat Monomeri, Dimetakrilat rezin, HEMA, Vitrebond Kopolimeri, Doldurucu, Etanol, Su, Başlatıcılar, Silan
G-premio Bond	GC Corporation, Tokyo, Japan	10-MDP, 4-META, 10-metakriloiloksidetil dihidrojen tiofosfat (MDTP), Metakrilat Asidik Ester, Distile Su, Aseton, Foto başlatıcılar, Silika
Panora 200	Imicryl, Konya, Türkiye	%37 Fosforik Asit
EXACLEAR	GC Corporation, Tokyo, Japan	Vinil Polisiloksan

3.4. Mikrosızıntı Testi ve Görüntü Analizi

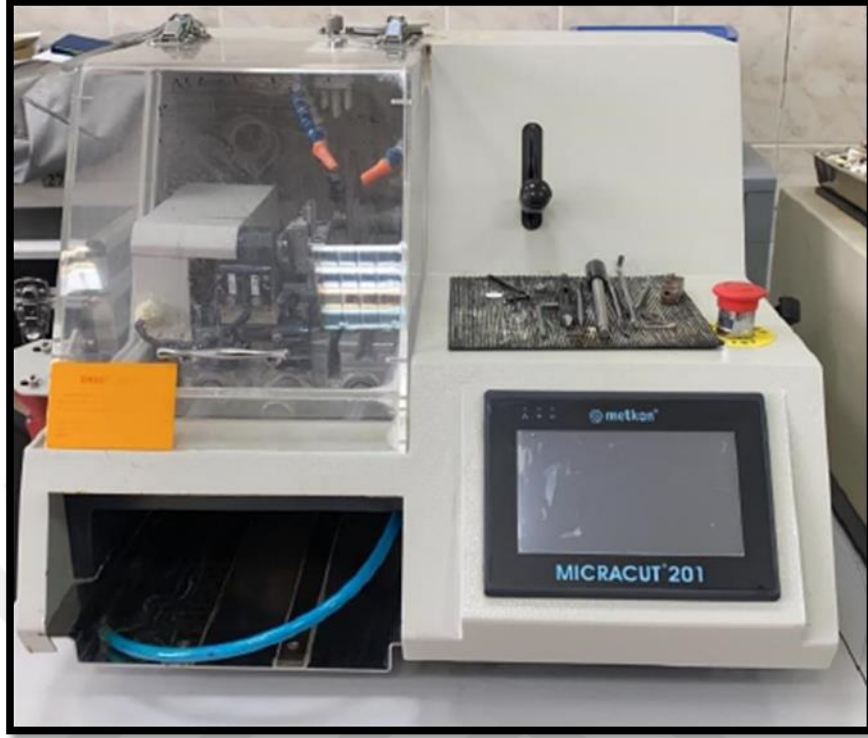
Restoratif prosedürlerin tamamlanmasının ardından, tüm dişler 24 saat boyunca 37 °C'de %100 nemli ortamda bekletildikten sonra; 5±5°C ve 55±5°C su banyolarında 15 sn; dış ortamda 10 sn bekleyecek şekilde 5000 devir termal sıklusa tabi tutulmuştur. Termal siklus uygulaması, Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Fuat Sezgin

Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan termal siklus cihazında gerçekleştirilmiştir (MTE 101 Thermocycling Machine, Esetron, Ankara, TÜRKİYE) (şekil 3.8).



şekil 3. 8. Termal siklus cihazı (MTE 101 Thermocycling Machine, Esetron, Ankara, TÜRKİYE)

Mikrosızıntı, boya penetrasyonu yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu amaçla restorasyon marjinlerinin etrafındaki 1 mm'lik dış dokusu açıkta kalacak şekilde tüm dış yüzeyleri 2 kat renkli tırnak cılası (Flormar, Türkiye) ile örtülerek, apeksler 2 kat mum ile kapatılmıştır. Hazırlanan rnekler 24 saat süre ile %0.5'lik bazik fuksin (Carlo Erba, Val de Reuil, France) zltisinde bekletilmiştir. Örnekler bazik fuksin solüsyonundan çıkarıldıktan sonra akan musluk suyu altında yıkanmış, tırnak cılası uzaklaştırılmış ve şeffaf soğuk akril blokların içerisine gmlmştir. Hazırlanan rneklerden, Ankara Üniversitesi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan mikroct cihazı kullanılarak (Micracut 201, Metkon Instruments Ltd, Bursa, Türkiye) (şekil 3.9.) bukkolingual yönde birbirine paralel olarak 3 adet longitudinal kesit elde edilmiştir.



Şekil 3. 9. Çalışmamızda kullanılan mikrocut cihazı (Micracut 201, Metkon Instruments Ltd, Bursa, Türkiye)

Stereomikroskop altında (Şekil 3.10.) her bir kesitin 20X büyütme ile dijital fotoğrafı alınarak kaydedilmiştir. Bukkal ve lingual yüzlerde oluşan boya penetrasyonunu (mm) ölçmek için görüntü analiz yazılımı (ImageJ for Windows; V.1.34, National Institutes of Health; Bethesda, MD, USA) kullanılmıştır. Her bir kesit için mikrosızıntı değeri bukkal-lingual boya penetrasyon değerleri toplamının bukkal-lingual restoratif materyal yüzey uzunlukları toplamına bölünmesi ile hesaplanmıştır. Son olarak, her dişin mikrosızıntı değeri, dişe ait 3 kesitin mikrosızıntı değerlerinin ortalamasının hesaplanması ile elde edilmiştir.



Şekil 3. 10. Mikrosızıntı deneyinde kullanılan stereomikroskop (EUROMEX Nexius Zoom, Arnhem, Holland)

3.5. İstatistiksel Analiz

Çalışma verilerinin analizi için SPSS for Windows 22 paket programı (SPSS Inc. Chicago, USA) kullanılmıştır. Çalışmada farklı teknikler ve farklı materyaller kullanılarak yapılan restorasyonlarda mikrosızıntı miktarları ve restoratif prosedür süresi ortalamaları arasındaki farkın anlamlılığı incelenmiştir. İki'den fazla grup ortalamasının karşılaştırıldığı araştırma sorularını cevaplamak için Kruskal Wallis testi, iki grup ortalamasının karşılaştırıldığı araştırma sorularını cevaplamak için Mann Whitney U testi kullanılmıştır. Tüm analizlerde anlamlılık seviyesi olarak 0,05 dikkate alınmıştır.

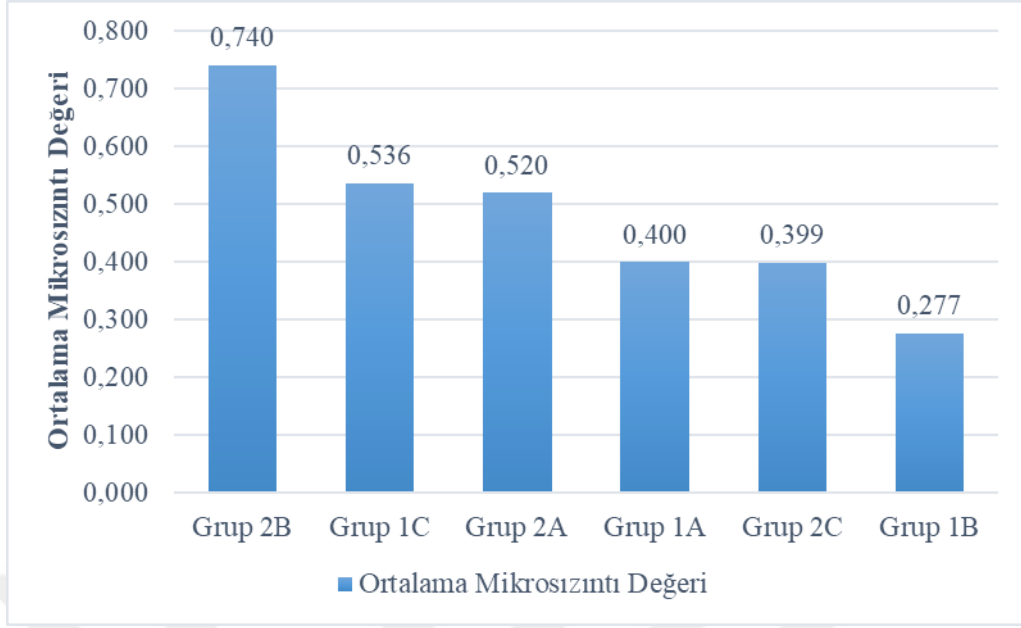
4. BULGULAR

İki farklı teknikle uygulanan üç farklı kompozit rezin materyalin mikrosızıntı özelliklerinin değerlendirildiği bu in vitro çalışmada, 90 adet çürüksüz molar diş konvansiyonel teknik ve stamp tekniği uygulanmak üzere 2 gruba; ardından her grup, 3 farklı kompozit rezin materyalle restore edilmek üzere 3 alt gruba ayrılmıştır. Restorasyonlara 5-55°C arasında; 5000 devirde termal siklus işlemi uygulanmış, örnekler % 0.5'lik bazik fuksin solüsyonunda 24 saat bekletilmiştir. Her bir diştten 3 kesit elde edilmiş, kesitler stereomikroskop kullanılarak 20X büyütmede fotoğraflanmış ve görüntü analiz yazılımıyla (Image J) kantitatif olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda ayrıca; kullanılan teknik ve materyallerin restoratif prosedür süresi üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi amacıyla, kavite preparasyonlarının tamamlandığı andan, bitirme ve polisaj işlemlerinin tamamlandığı ana kadar geçen süre dijital bir kronometre ile kaydedilmiştir.

4.1 Mikrosızıntı Bulgularının Değerlendirilmesi

Gruplar arasında en yüksek mikrosızıntı değerlerini gösteren grup; Grup 2B (G-ænial Universal Injectable - Stamp Tekniği) olmuştur. Bunu sırasıyla; Grup 1C (Filtek™ One Bulk Fill Restoratif - Konvansiyonel Teknik), Grup 2A (Filtek™ Ultimate Universal Restoratif - Stamp Tekniği), Grup 1A (Filtek™ Ultimate Universal Restoratif - Konvansiyonel Teknik), Grup 2C (Filtek™ One Bulk Fill Restoratif - Stamp Tekniği) ve Grup 1B (G-ænial Universal Injectable - Konvansiyonel Teknik) izlemiştir (Şekil 4.1.)



Şekil 4. 1. Çalışmada yer alan tüm grupların ortalama mikrosızıntı değerleri

Grupların ortalama mikrosızıntı değerleri arasında anlamlı farklılık olup olmadığına dair inceleme Kruskal - Wallis testiyle gerçekleştirilmiş, sonuçlar grup ortalamalarının arasında anlamlı fark bulunduğunu göstermiştir ($p < 0,05$) (Tablo 4.1.).

Tablo 4. 1. Grupların ortalama mikrosızıntı değerlerinin karşılaştırılması. Ortalama farklılık anlamlılık düzeyi $p=0.05$ dir. Anlamlı farklılık gösteren p değerleri koyu olarak işaretlenmiştir.

Grup	n	Ortalama±SS	Ki-kare istatistiği	sd	p
Grup 1A	15	0,400±0,160	29,61	5	0,000
Grup 1B	15	0,277±0,110			
Grup 1C	15	0,536±0,247			
Grup 2A	15	0,520±0,275			
Grup 2B	15	0,740±0,228			
Grup 2C	15	0,399±0,111			

Kullanılan kompozit rezin materyalden bağımsız olarak, uygulama tekniklerine göre ortalama mikrosızıntı değerleri ve bu ortalamalar arasındaki farkların istatistiksel değerlendirme sonuçları Tablo 4.2.'de yer almaktadır.

Tablo 4. 2. Uygulama tekniğinin ortalama mikrosızıntı değerleri üzerine etkisi. Ortalama farklılık anlamlılık düzeyi $p=0.05$ dir. Anlamlı farklılık gösteren p değerleri koyu olarak işaretlenmiştir.

Teknik	n	Ortalama $\pm$ SS	Z istatistiği	p
Konvansiyonel Teknik (Grup 1)	45	0,405 $\pm$ 0,207	-2,752	0,006
Stamp Tekniği (Grup 2)	45	0,553 $\pm$ 0,255		

Stamp tekniği ile uygulanan grupların (Grup 2) ortalama mikrosızıntı değerleri, konvansiyonel teknikle uygulanan gruplara (Grup 1) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$).

Materyallerin farklı tekniklerle kullanılması sonucu elde edilen mikrosızıntı değerlerinin ikili karşılaştırmaları Tablo 4.3.'te gösterilmiştir. Buna göre; kullanılan teknikler Grup 1A ile Grup 2A'nın ortalama mikrosızıntı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yaratmazken ($p>0,05$), Grup 1B ile Grup 2B'nin ve Grup 1C ile Grup 2C'nin ortalama mikrosızıntı değerleri arasında anlamlı fark oluşturmuştur ($p<0,05$).

Tablo 4. 3. Kullanılan tekniklerin materyallerin mikrosızıntı değerleri üzerine etkisi. Ortalama farklılık anlamlılık düzeyi $p=0.05$ 'tir. Anlamlı farklılık gösteren p değerleri koyu olarak işaretlenmiştir.

Grup	n	Ortalama $\pm$ SS	Z istatistiği	p
Grup 1A	15	0,400 $\pm$ 0,160	-1,307	0,191
Grup 2A	15	0,520 $\pm$ 0,275		
Grup 1B	15	0,277 $\pm$ 0,110	-3,962	0,000
Grup 2B	15	0,740 $\pm$ 0,228		
Grup 1C	15	0,536 $\pm$ 0,247	-2,033	0,042
Grup 2C	15	0,399 $\pm$ 0,111		

Çalışmamızda konvansiyonel teknikle uygulanan grupların (Grup 1) kendi içinde değerlendirilmesi sonucunda, grupların ortalama mikrosızıntı değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.4).

Tablo 4. 4. Konvansiyonel teknikle uygulanan grupların ortalama mikrosızıntı değerlerinin karşılaştırması. Ortalama farklılık anlamlılık düzeyi $p=0.05$ dir. Anlamlı farklılık gösteren p değerleri koyu olarak işaretlenmiştir.

Grup	n	Ortalama $\pm$ SS	Ki-kare istatistiği	sd	p
Grup 1A	15	0,400 $\pm$ 0,160	10,672	2	0,005
Grup 1B	15	0,277 $\pm$ 0,110			
Grup 1C	15	0,536 $\pm$ 0,247			

Çalışmamızda stamp tekniği ile uygulanan grupların kendi içinde değerlendirilmesi sonucunda, grupların ortalama mikrosızıntı değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0,05$) (Tablo 4.5.).

Tablo 4. 5. Stamp tekniği ile uygulanan grupların ortalama mikrosızıntı değerlerinin karşılaştırması. Ortalama farklılık anlamlılık düzeyi $p=0.05$ dir. Anlamlı farklılık gösteren p değerleri koyu olarak işaretilenmiştir.

Grup	n	Ortalama $\pm$ SS	Ki-kare istatistiği	sd	p
Grup 2A	15	0,520 $\pm$ 0,275			
Grup 2B	15	0,740 $\pm$ 0,228	13,278	2	0,001
Grup 2C	15	0,399 $\pm$ 0,111			

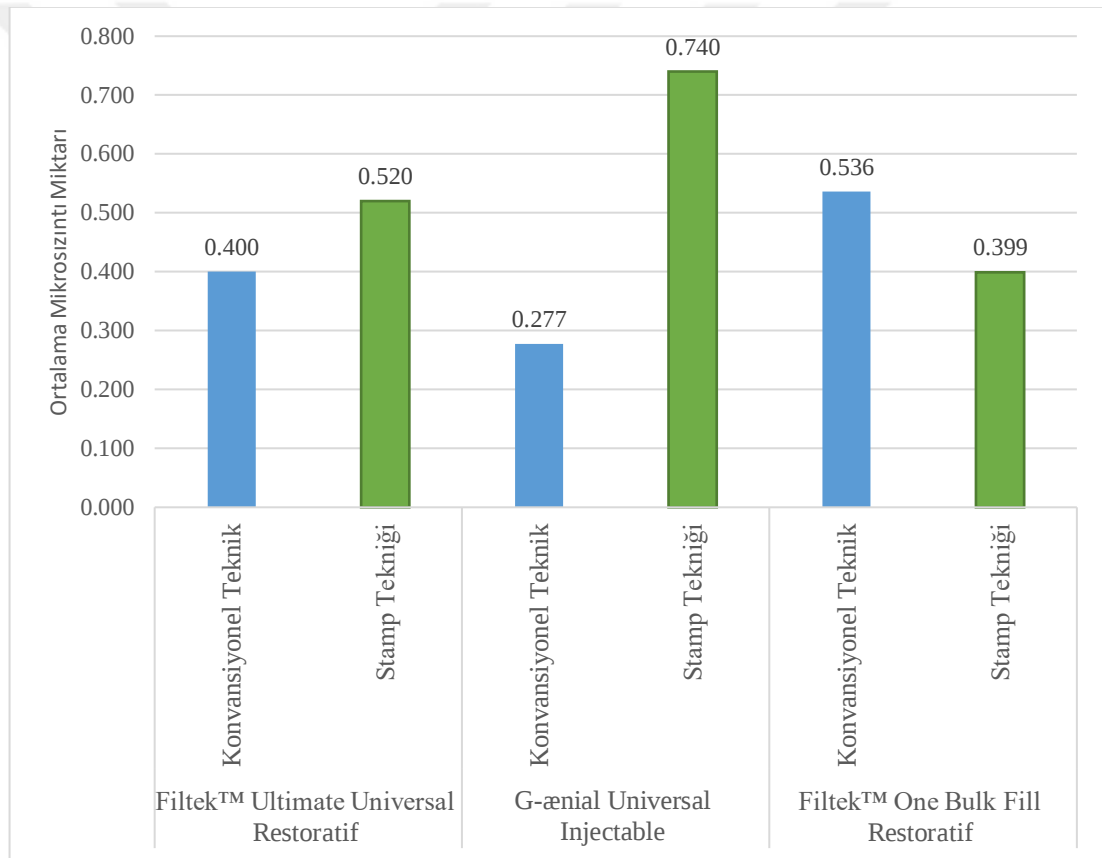
Grupların ortalama mikrosızıntı değerleri arasındaki anlamlı farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığının belirlenmesi amacıyla her bir ikili grup arasında uygulanan Mann Whitney U testi sonuçları Tablo 4.6.'da gösterilmiştir.

Grup 1A ile Grup 2B, Grup 1B ile Grup 1C, 1B ile Grup 2A, Grup 1B ile Grup 2B, Grup 1B ile Grup 2C, Grup 1C ile Grup 2B, Grup 1C ile Grup 2C, Grup 2A ile Grup 2B, Grup 2B ile Grup 2C'nin ortalama mikrosızıntı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık izlenmiştir ($p<0,05$).

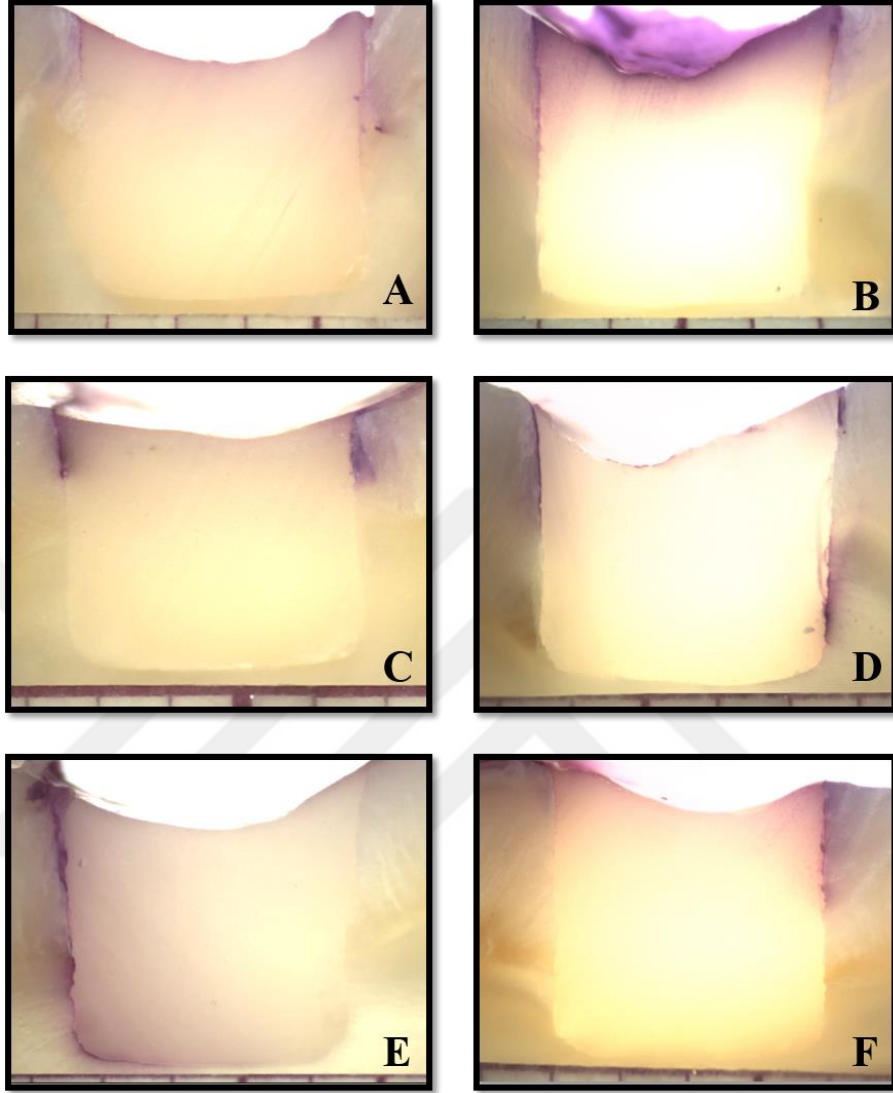
Tablo 4. 6. Tüm gruplar arasında yapılan ikili karşılaştırma sonuçları. Ortalama farklılık anlamlılık düzeyi $p=0.05$ dir. Anlamlı farklılık gösteren p değerleri koyu olarak işaretlenmiştir.

	Grup 1B			Grup 1C			Grup 2A			Grup 2B			Grup 2C		
	Ortalama Farkı	Z istatistiği	p	Ortalama Farkı	Z istatistiği	p	Ortalama Farkı	Z istatistiği	p	Ortalama Farkı	Z istatistiği	p	Ortalama Farkı	Z istatistiği	p
Grup 1A	0,123	-1,846	0,065	0,136	-1,887	0,059	0,12	-1,307	0,191	0,34	-3,588	0,000	0,001	-0,062	0,950
Grup 1B				0,259	-3,007	0,003	0,243	-2,634	0,008	0,463	-3,962	0,000	0,122	-2,592	0,01
Grup 1C							0,016	-0,394	0,693	0,204	-2,428	0,015	0,137	-2,033	0,042
Grup 2A										0,22	-2,305	0,021	0,121	-1,348	0,178
Grup 2B													0,341	-3,547	0,000

Çalışmada kullanılan kompozit rezin materyallerin, kullanılan tekniğe göre ortalama mikrosızıntı değerlerindeki değişim miktarı Şekil 4.2.'de gösterilmiştir. Filtek™ Ultimate Universal Restoratif'in konvansiyonel teknik ve stamp tekniği ile uygulanması halinde ölçülen mikrosızıntı değerleri arasında anlamlı bir farklılık gözlenmezken ($p>0,05$) ; G-ænial Universal Injectable ve Filtek™ One Bulk Fill Restoratif'in iki farklı teknikle uygulanmaları halinde elde edilen mikrosızıntı değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$).



Şekil 4. 2. Uygulanan tekniğe göre materyallerin mikrosızıntı değerlerindeki değişim miktarı.

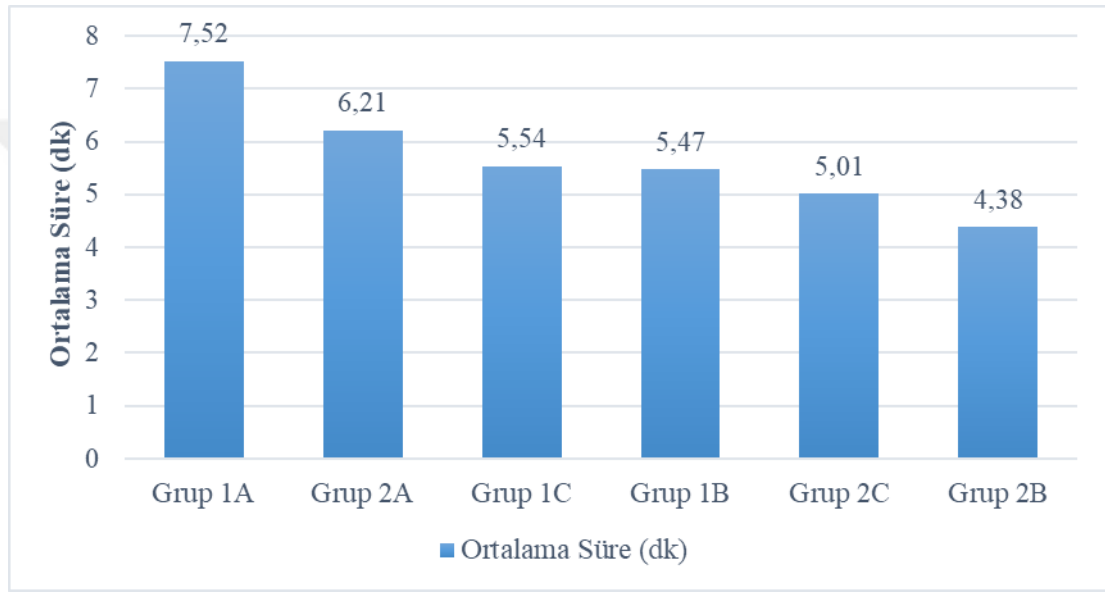


Şekil 4. 3. Gruplara göre mikrosızıntının ışık mikroskopundaki örnek görüntüleri

(A: Konvansiyonel teknikle uygulanan Filtek™ Ultimate Universal Restoratif, B: Stamp tekniği ile uygulanan Filtek™ Ultimate Universal Restoratif, C: Konvansiyonel teknikle uygulanan G-ænial Universal Injectable, D: Stamp tekniği ile uygulanan G-ænial Universal Injectable, E: Konvansiyonel teknikle uygulanan Filtek™ One Bulk Fill Restoratif, F: Stamp tekniği ile uygulanan Filtek™ One Bulk Fill Restoratif)

4.2 Süre Bulgularının Değerlendirilmesi

Çalışma grupları içerisinde ortalama restoratif prosedür süresinin en kısa sürdüğü grup, Grup 2B olmuştur. Bunu sırasıyla Grup 2C, Grup 1B, Grup 1C, Grup 2A ve Grup 1A izlemiştir (Şekil 4.4.)



Şekil 4. 4. Çalışma gruplarının ortalama restoratif prosedür süresi değerleri

Grup ortalamaları arasında anlamlı farklılık olup olmadığına dair inceleme Kruskal - Wallis testiyle gerçekleştirilmiş, sonuçlar grup ortalamaları arasında anlamlı fark bulunduğunu göstermiştir ($p < 0,05$) (Tablo 4.7.)

Tablo 4. 7. Grupların ortalama restoratif prosedür süresi değerlerinin karşılaştırılması. Ortalama farklılık anlamlılık düzeyi $p=0.05$ dir. Anlamlı farklılık gösteren p değerleri koyu olarak işaretlenmiştir.

Grup	n	Ortalama $\pm$ SS	Ki-kare istatistiği	sd	p
Grup 1A	15	7,52 $\pm$ 0,81	63,373	5	0,000
Grup 1B	15	5,47 $\pm$ 0,78			
Grup 1C	15	5,54 $\pm$ 0,69			
Grup 2A	15	6,21 $\pm$ 0,56			
Grup 2B	15	4,38 $\pm$ 0,39			
Grup 2C	15	5,01 $\pm$ 0,47			

Kullanılan kompozit rezin materyalden bağımsız olarak, uygulama tekniklerine göre ortalama restoratif prosedür süresi değerleri ve bu ortalamalar arasındaki farkların anlamlı olup olmadığına dair istatistiksel değerlendirme sonuçları Tablo 4.8.'de yer almaktadır.

Stamp tekniği ile uygulanan grupların ortalama restoratif prosedür süresi değerleri konvansiyonel teknikle uygulanan gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede kısa bulunmuştur ($p<0,05$).

Tablo 4. 8. Uygulama tekniğinin ortalama mikrosızıntı değerleri üzerine etkisi. Ortalama farklılık anlamlılık düzeyi $p=0.05$ dir. Anlamlı farklılık gösteren p değerleri koyu olarak işaretlenmiştir.

Teknik	n	Ortalama $\pm$ SS	Z istatistiği	p
Konvansiyonel Teknik (Grup 1)	45	6,18 $\pm$ 1,21	-3,688	0,000
Stamp Tekniği (Grup 2)	45	5,20 $\pm$ 0,90		

Materyallerin farklı tekniklerle kullanılması sonucu ölçülen ortalama restoratif prosedür süresi değerlerinin ikili karşılaştırmaları Tablo 4.9.'da gösterilmiştir. Buna göre, Grup 1A ile Grup 2A, Grup 1B ile Grup 2B ve Grup 1C ve Grup 2C'nin ortalama restoratif prosedür süresi değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Tablo 4. 9. Kullanılan tekniklerin materyallerin restoratif prosedür süresi değerleri üzerine etkisi. Ortalama farklılık anlamlılık düzeyi $p=0.05$ dir. Anlamlı farklılık gösteren p değerleri koyu olarak işaretlenmiştir.

Grup	n	Ortalama $\pm$ SS	Z istatistiği	p
Grup 1A	15	7,52 $\pm$ 0,81	-3,859	0,000
Grup 2A	15	6,21 $\pm$ 0,56		
Grup 1B	15	5,47 $\pm$ 0,78	-4,128	0,000
Grup 2B	15	4,38 $\pm$ 0,39		
Grup 1C	15	5,54 $\pm$ 0,69	-2,053	0,040
Grup 2C	15	5,01 $\pm$ 0,47		

Konvansiyonel teknikle uygulanan grupların kendi içinde değerlendirilmesi sonucunda, grupların ortalama restoratif prosedür süresi değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.10.).

Tablo 4. 10. Konvansiyonel teknikle uygulanan grupların ortalama restoratif prosedür süresi değerlerinin karşılaştırması. Ortalama farklılık anlamlılık düzeyi $p=0.05$ dir. Anlamlı farklılık gösteren p değerleri koyu olarak işaretlenmiştir.

Grup	n	Ortalama $\pm$ SS	Ki-kare istatistiği	sd	p
Grup 1A	15	7,52 $\pm$ 0,81	24,661	2	0,000
Grup 1B	15	5,47 $\pm$ 0,78			
Grup 1C	15	5,54 $\pm$ 0,69			

Stamp tekniği ile uygulanan grupların kendi içinde değerdendirilmesi sonucunda, grupların ortalama restoratif prosedür süresi değerdeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.11.)

Tablo 4. 11. Stamp tekniği ile uygulanan grupların ortalama restoratif prosedür süresi değerdelerinin karşılaştırması. Ortalama farklılık anlamlılık düzeyi $p=0.05$ dir. Anlamlı farklılık gösteren p değerdeleri koyu olarak işaretlenmiştir.

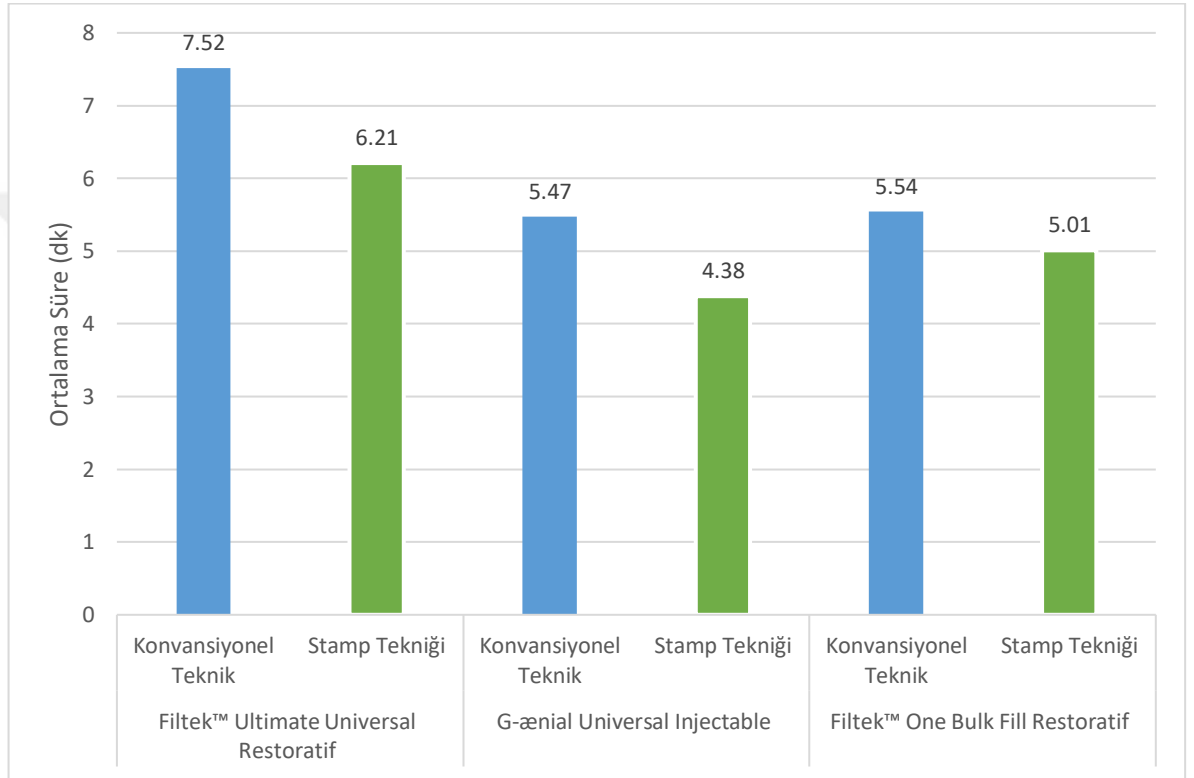
Grup	n	Ortalama $\pm$ SS	Ki-kare istatistiği	sd	p
Grup 2A	15	6,21 $\pm$ 0,56	31,714	2	0,000
Grup 2B	15	4,38 $\pm$ 0,39			
Grup 2C	15	5,01 $\pm$ 0,47			

Grupların ortalama restoratif prosedür süresi değerdeleri arasındaki anlamlı farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığının belirlenmesi amacıyla her bir ikili grup arasında uygulanan Mann Whitney U testi sonuçları Tablo 4.12.'de gösterilmiştir. Buna göre; yalnızca Grup 1B ile Grup 1C ve Grup 1B ile 2C'nin ortalama restoratif prosedür süresi değerdeleri arasında anlamlı farklılık bulunmazken ($p>0,05$), diğer tüm grupların ikili karşılaştırmaları sonucunda istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmüştür ($p<0,05$).

Tablo 4. 12. Tüm gruplar arasında yapılan ikili karşılaştırma sonuçları. Ortalama farklılık anlamlılık düzeyi $p=0.05$ dir. Anlamlı farklılık gösteren p değerleri koyu olarak işaretlenmiştir.

	Grup 1B			Grup 1C			Grup 2A			Grup 2B			Grup 2C		
	Ortalama Farkı	Z istatistiği	p	Ortalama Farkı	Z istatistiği	p	Ortalama Farkı	Z istatistiği	p	Ortalama Farkı	Z istatistiği	p	Ortalama Farkı	Z istatistiği	p
Grup 1A	2,05	-4,128	0,000	1,98	-4,417	0,000	1,31	-3,859	0,000	3,14	-4,666	0,000	2,51	-4,667	0,000
Grup 1B				0,07	-0,477	0,633	0,74	-3,091	0,002	1,09	-4,128	0,000	0,46	-1,348	0,18
Grup 1C							0,67	-2,883	0,004	1,16	-4,21	0,000	0,53	-2,053	0,04
Grup 2A										1,83	-4,626	0,000	1,2	-4,377	0,000
Grup 2B													0,63	-3,008	0,000

Çalışmamızda kullanılan kompozit rezin materyallerin, kullanılan tekniğe göre ortalama restorasyon prosedür süresi değerlerindeki değişim miktarı Şekil 4.5.'te gösterilmiştir. Kullanılan kompozit rezin materyallerin tümü konvansiyonel teknik yerine stamp tekniği ile uygulandıklarında, ortalama restoratif prosedür süresi istatistiksel olarak anlamlı derecede kısa sürmüştür ($p<0,05$).



Şekil 4. 5. Çalışmada kullanılan kompozit rezin materyallerin uygulanan tekniğe göre restoratif prosedür süre değerlerindeki değişim miktarı

5. TARTIŞMA

Günümüzde bireylerin estetik beklentilerindeki artış, kompozit rezin materyallerin hem hekimler hem de hastalar için öncelikli tercih sebebi olmasına ve kullanımının oldukça yaygınlaşmasına sebep olmuştur (Gür ve ark., 2003). Yetersiz mekanik özellikleri sebebiyle kullanıma sunulduğu yıllarda sınırlı bir başarıya sahip olan kompozit rezin materyaller; mekanik özelliklerindeki iyileştirmeler sayesinde günümüzde, posterior restorasyonlarda amalgama alternatif olarak kullanılmaktadır. (Manhart ve ark., 2000). Bununla birlikte, gelişen teknolojiye rağmen kompozit rezin restorasyonlarda meydana gelen polimerizasyon büzülmesi sonucunda ortaya çıkan mikrosızıntı henüz bütünüyle ortadan kaldırılabilmiş değildir (Küçükeşmen ve Küçükeşmen, 2012).

İdeal bir restoratif materyalin marjinal adaptasyonunun ve kenar uyumunun başarılı olması gerektiği bilinmektedir. Yetersiz marjinal uyum sonucunda oluşan marjinal aralık; bakteri ve toksinlerinin geçişine olanak sağlayarak, post-operatif hassasiyet, sekonder çürük, marjinal renklenme ve pulpal irritasyon gibi durumların ortaya çıkışıyla sonuçlanacaktır. Diş ve restorasyon ara yüzündeki mikrosızıntının engellenmesinin restorasyonların başarılı ve uzun ömürlü olması açısından büyük önem taşıdığı bilinmektedir (Erdemir ve Yaman, 2011).

Restorasyonların klinik ve radyografik değerlendirmeleri ışığında mikrosızıntının tespit edilmesi mümkün olabilmektedir (Küçükeşmen ve Küçükeşmen, 2012). Klinik çalışmalar en ideal test yöntemi olmalarına rağmen; çalışmalardaki standardizasyon güçlükleri, takiplerin zaman alması ve materyallerin uzun dönem başarısı kanıtlanana kadar daha güncel materyallerin piyasaya sürülmesi (Türkün ve Ergücü, 2004), araştırmacıların laboratuvar çalışmalarına yönelmelerine neden olmaktadır (Turssi ve ark., 2002). Aynı zamanda in vitro testler, restoratif

materyaller ve adeziv sistemler için klinikte oluşabilecek en yüksek ve en düşük fizik-mekanik değerler hakkında fikir verme avatajına da sahiptir (Raskin ve ark., 2001; Türkün ve Ergücü, 2004).

Yapılan araştırmalarda örneklerin güvenilir ve en uygun şartlarda değerlendirilmesi amacıyla çalışmanın standardizasyonunun sağlanması büyük önem taşımaktadır. Türkün ve Ergücü (2004) estetik restoratif materyallerin mikrosızıntı çalışmalarında kullanılan gereç ve yöntemleri karşılaştırdıkları çalışmalarında, insan dişlerinin % 89,2; molar dişlerin ise % 69,1 oranında tercih edildiğini bildirmişlerdir.

İn-vitro çalışmalarda insan dişlerine nazaran elde edilmelerindeki kolaylık nedeni ile bazı araştırmacılar (Alonso ve ark., 2004; Pazinato ve ark., 2003) sığır dişlerinin kullanımının mümkün olabileceğini belirtmişlerdir. Ancak ISO tarafından hazırlanan bildiriye göre; insan dişleriyle sığır dişleri arasındaki yapı ve kimya farklılıkları, in vitro çalışmalarda insan dişlerinin tercih edilmesini gerektirmektedir (ISO Technical Report 11405). Çalışmamızda, çürüksüz insan molar dişleri kullanılmıştır.

Kompozit rezin materyallerin polimerizasyonu sırasında meydana gelen büzülmenin, uygulanan materyalin hacmiyle ilişkili olarak artış göstermesinden dolayı (Giachetti, ve ark., 2007) mikrosızıntı ve marjinal adaptasyonun değerlendirildiği birçok çalışmada, kavite boyutlarının standart hazırlandığı göze çarpmaktadır. Bu nedenle çalışmamızda örneklere, 4 mm derinlik ve 4 mm bukkolingual genişliğe sahip standart sınıf I kavite preparasyonu uygulanmıştır (Uzel ve ark., 2017)

Çalışmamızda, hem konfigürasyon faktörünün maksimum düzeyde olduğu bilinen okluzal kavitelerde farklı kompozit rezin materyallerinin sızdırmazlık performanslarını in vitro koşullarda karşılaştırabilmek amacıyla, hem de sağlam okluzal morfolojiye sahip gizli çürük lezyonları için tanıtılan ve Sınıf I kaviteler için önerilen ‘Stamp Tekniği’ni kullanmamız sebebiyle (Martos ve ark., 2010) sınıf I kavite preparasyonu tercih edilmiştir (Çehreli ve ark., 2013; Uzel ve ark., 2017).

Polimerizasyon sırasında gerçekleşen büzülme ve yetersiz polimerizasyon, kompozit rezin materyallerde meydana gelen mikrosızıntıyı etkileyen en önemli parametrelerdir (Kaya, 2014). Kompozit rezin materyallerin rengi ise polimerizasyon

kinetiklerini etkileyen bir unsurdur (Ölmez ve Tuna, 2002). Daha koyu tonların, açık tonlar kadar derinlemesine polimerize olmadığı ve kompozit rezin renginin polimerizasyon derinliği üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (Shortall, 2005). Çalışmamızda standardizasyon sağlanması amacıyla kullanılan tüm kompozit rezin materyallerin rengi A2 olarak seçilmiştir.

Diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyallerde uzun dönemde ortaya çıkan marjinal renklenme, sekonder çürük, ağrı gibi klinik belirti ve bulgular; ağız ortamındaki termal değişkenlerin etkisiyle şiddetlenen yetersiz marjinal uyumla ilişkilendirilmektedir. Yeme, içme ve nefes alma gibi rutin eylemler nedeniyle ağız ortamında 4-60 °C arasında sürekli bir sıcaklık değişimi meydana gelmektedir (Gale ve Darvell, 1999). Ağız içindeki bu sıcaklık değişimlerini in vitro koşullarda taklit eden termal siklus uygulaması, diş-restorasyon ara yüzünde termal stres oluşturarak, test edilen restoratif materyallerin bu termal strese ne kadar direnç gösterebileceğini değerlendirmeye olanak sağlamaktadır. Mikrosızıntının in vitro koşullarda değerlendirildiği çalışmalarda termal siklus yönteminin % 79,3 oranında tercih edildiği bildirilmiştir (Türkün ve Ergücü, 2004).

Ernst ve ark. (2004) in vitro çalışmalarda kullanılan farklı termal siklus sıcaklıklarını değerlendirdikleri çalışmalarında; 5-55 °C arasında meydana gelen streslerin, ağız ortamında gerçekleşen sıcaklık değişimlerini başarılı bir şekilde yansıttığını belirtmişlerdir. 1997 ve 2002 yılları arasında yayınlanmış 84 adet in vitro mikrosızıntı çalışmasının değerlendirildiği bir araştırmada, araştırmacılar tarafından % 98,7 oranında termal siklus için maksimum ve minimum sıcaklık değerlerinin 5-55°C olarak uygulandığı rapor edilmiştir (Türkün ve Ergücü, 2004).

Literatürde termal siklus uygulamalarındaki devir sayıları arasında farklılıklar gözlenmekle birlikte, yaklaşık 10.000 devir termal siklus uygulamasının (20 ila 50 devrin bir günde tamamlanması ile) ağız içerisindeki bir yıllık klinik fonksiyona karşılık geldiği kabul edilmektedir (Amaral ve ark., 2007; Gale ve Darvell, 1999). Termal siklus çalışmalarında transfer, bekletme süreleri ve devir sayıları konusunda farklı uygulamalar olduğu görülmekle birlikte, bekletme süresinin kısa tutulmasının ağız içi ortamı taklit etmede daha başarılı olduğu bildirilmektedir (Morresi ve ark., 2014). Çalışmamızda, literatürdeki veriler göz önünde bulundurularak; örneklere 5-

55°C ($\pm 5^\circ\text{C}$) arasında, su banyosunda 15 sn, dış ortamda 10 sn bekleyecek şekilde 5.000 devir termal siklus uygulanmıştır. Uygulanan bu siklus sayısı aynı zamanda 6 aylık bir yaşlandırmaya karşılık gelmektedir (Gale ve Darvell, 1999).

Munksgaard ve Irie (1987), restore edilmiş dişlerin, polisaj işlemlerinin tamamlanmasını takiben erken dönemde termal siklus uygulamasına tabi tutulmasının örneklerle zarar verebilecek bir uygulama olduğunu, ancak polisaj işlemlerinden sonraki 24 saatte bu etkinin ortadan kalktığını bildirmişlerdir (Gale ve Darvell, 1999). Bu nedenle çalışmamızda örnekler termal siklus işlemine tabi tutulmadan önce polisaj işlemlerinin tamamlanmasının ardından 24 saat % 100 nemli ortamda bekletilmiştir.

İn vitro koşullarda diş ile restoratif materyal arasında oluşan mikrosızıntının tespiti amacıyla kullanılabilen pek çok yöntem mevcut olsa da, en sık tercih edilen yöntem boya penetrasyon tekniğidir (Raskin ve ark., 2001; Raskin ve ark., 2003; Ayyıldız, 2009). Mikrosızıntı araştırmalarında farklı partikül büyüklüğüne sahip birçok boya materyali kullanılmakta olup, % 40,8 oranında bazik fuksin, % 26,5 oranında gümüş nitrat ve % 20 oranında metilen mavisinin kullanıldığı görülmektedir (Türkün ve Ergücü, 2004). Heintze ve ark. (2008) da çalışmalarda en fazla tercih edilen boyanın bazik fuksin olduğunu rapor etmişlerdir. Mikrosızıntı çalışmalarında en sık bazik fuksinin % 0,5 ve % 2'lik konsantrasyonlarının kullanıldığı (Ernst ve ark., 2008), örneklerin boyada bekletilme zamanının çalışmalarda 1 saat ile 2 hafta arasında değiştiği (Manhart ve ark., 2001) ve literatürlerde en sık 24 saatlik penetrasyon zamanının seçildiği bildirilmiştir (Ernst ve ark., 2008). Literatür incelemesi ile elde edilen bu verilerinin rehberliğinde, çalışmamızda örnekler % 0,5 lik konsantrasyondaki bazik fuksin solusyonunda 24 saat bekletilmiştir.

Boya penetrasyon yönteminde, diş ile restorasyon ara yüzünde meydana gelen ve farklı yoğunlaşmalar gösteren üç boyutlu mikrosızıntının tespit edilmesi, örneklerden alınan kesit sayısının artırılmasıyla mümkün olabilmektedir (Gwinnett ve ark., 1995, Raskin ve ark., 2003). Yapılan mikrosızıntı çalışmalarında, alınan kesit sayısı arttıkça boyanın en fazla penetrasyon gösterdiği bölgenin görüntülenebilme şansının da yükselmesiyle, ölçülen mikrosızıntı miktarının arttığı görülmektedir (Kaya, 2014). Çalışmamızda her örnekten 3 kesit elde edilmiş, her bir kesitin mikrosızıntı değeri ayrı ayrı ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınarak ilgili

örneğin mikrosızıntı değeri elde edilmiştir (Çehreli ve Güngör, 2008; Çehreli ve ark., 2010; Çehreli ve ark., 2013).

Mikrosızıntı araştırmalarında boya penetrasyon yöntemi ile elde edilen sonuçlar; skrolama yöntemi, boya infiltrasyonunun yüzdesel ölçümü yöntemi ve spektrofotometrik analiz yöntemi olmak üzere üç şekilde değerlendirilebilmektedir (Amarante de Camargo ve ark., 2006). Alınan kesitlerin mikroskop altında incelenerek fotoğraflanması ve boya penetrasyon seviyelerinin dijital ortamda değerlendirilmesi prensibine dayanan yüzdesel ölçüm yönteminde, elde edilen objektif veriler sayesinde güvenilir sonuçlar elde edilmektedir (Amarante de Camargo ve ark., 2006). Çalışmamızda örneklerden alınan kesitler, üzerlerine 1 mm aralıklara sahip milimetrik kağıt koyularak 20X büyütme ile stereomikroskop altında fotoğraflanmış ve Image-J görüntü analiz yazılımıyla ölçümler gerçekleştirilmiştir (Çehreli ve Güngör, 2008; Çehreli ve ark., 2013). Bu teknik geleneksel subjektif skrolama sistemine kıyasla objektif bir sonuç elde edilebilmesi avantajına sahiptir (Çehreli ve Güngör, 2008).

Çocuk diş hekimliği uygulamalarında, genel olarak restoratif materyallerin sahip olması gereken özelliklerin yanı sıra, çocuk hastalardaki kooperasyon güçlükleri ile ilişkili olarak, materyallerin pratik bir şekilde uygulanabilmesi de oldukça önem kazanmaktadır. Bu tez çalışmasında; konvansiyonel teknik ve stamp tekniği ile uygulanan üç farklı kompozit rezin materyalin mikrosızıntı özelliklerinin in vitro koşullarda test edilmesi ve uygulanan teknik ve materyallerin restoratif prosedür süresi üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Kompozit rezin materyallerde polimerizasyon sırasında hacimce % 1-3 oranında polimerizasyon büzülmesi gözlenmekte ve bu büzülme sırasında ortaya çıkan stresler, restorasyon-diş ara yüzünde meydana gelen mikrosızıntının başlıca sebeplerini oluşturmaktadır (Kim ve Park, 2011). Kompozit rezin restorasyonlarda polimerizasyon streslerine bağlı olarak gelişen gap formasyonunu önlemek ve materyalin diş dokusuna yeterli derecede bağlanmasını sağlamak amacıyla, uzun yıllardır standart prosedür olarak tabakalama tekniği uygulanmaktadır (Van Ende ve ark., 2013). Ancak bu tekniğin kullanımında kompozit tabakaları arasında boşluk veya kontaminasyon meydana gelebilmesi, tabakalar arasındaki bağlantı başarısızlıkları, küçük kavitelere uygulama zorluğu ve uzun tedavi süresi gibi dezavantajları,

araştırmacıları tek tabaka halinde yerleştirebilen materyal arayışına yönlendirmiştir (Abbas ve ark., 2003)

Tabakalama yönteminin mevcut dezavantajlarının iyileştirilmesi amacıyla; yeni monomerlerin ve fotobaşlatıcı sistemlerin kullanıldığı, geliştirilmiş doldurucu içeriğine sahip ve translusensi özelliği artırılmış kompozit rezin materyaller kullanıma sunulmuştur. Genellikle 4 mm kalınlığında tek bir tabaka halinde polimerize edilebilen bulk-fill kompozit rezinler, kompozit rezin teknolojisindeki son gelişmeler sonucu üretilen materyallerden biridir (Li ve ark., 2015). Kullanıma sunulan bulk fill kompozit rezin markalarının içerikleri arasında belirgin farklılıklar mevcuttur. Monomerlerin tipi, yoğunluğu, partikül büyüklüğü, dağılımı ve formülasyonlarında yapılan değişiklikler materyallerin mekanik özelliklerini ve polimerizasyon derinliğini etkilemektedir. (Çakır ve Demirbuğa, 2019).

Bulk-fill kompozitlerin kullanımının yaygınlaşmasıyla beraber tabakalama ve kütleli uygulama tekniğinin kıyaslandığı çalışmaların sayısında artış gözlenmiştir. Heintze ve ark. (2015), Sınıf II kaviterlerde tek tabaka halinde yerleştirdikleri bulk-fill kompozit rezinler ile tabakalı yöntemle uyguladıkları geleneksel kompozit rezinleri karşılaştırdıkları bir in vitro çalışmada, kenar uyumu açısından materyaller arasında anlamlı bir farklılık görülmediğini bildirmişlerdir. Campos ve ark. (2014)'nın çalışmalarında, 5 farklı kompozitin Sınıf II kaviterlerdeki kenar adaptasyonunu in vitro olarak karşılaştırılmış ve tabakalama yöntemiyle uygulanan geleneksel kompozit ile kütleli uygulanan bulk-fill kompozitlerin benzer kenar uyumu özellikleri sergilediği rapor edilmiştir. Furness ve ark. (2014) Sınıf I kaviterleri kütleli uygulanan bulk fill kompozitler ve tabakalama yöntemiyle uygulanan geleneksel bir kompozit olan Filtek™ Supreme ile restore etmişler ve iki kompozit yerleştirme yönteminin marjinal bütünlük yönünden önemli bir fark oluşturmadığını belirtmişlerdir. Literatürde, bulk fill kompozit rezinlerle geleneksel kompozit rezinlerin marjinal bütünlüğünü değerlendiren benzer çalışmalarda da gruplar arasında anlamlı bir fark tespit edilmediği bildirilmiştir (Benetti ve ark., 2015; Kimyai ve ark., 2020; Roggendorf ve ark., 2011; Scotti ve ark., 2014; van Ende ve ark., 2017).

Kompozit rezin materyallerin uygulama tekniğini mikrosızıntı değerleri açısından karşılaştıran çalışmalarda da benzer sonuçlar gözlemlenmiştir. Hoseinifar ve

ark. (2020), iki farklı bulk fill kompozit rezinle geleneksel bir kompozit rezini mikrosızıntı açısından karşılaştırdıkları çalışmalarında, materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmediğini bildirmişlerdir. Bunun yanında Behery ve ark. (2018) ve Mosharrafian ve ark. (2017)'nin yaptığı benzer çalışmalarda da mikrosızıntı değerleri arasında anlamlı fark bulunmadığı bildirilmiştir.

Garcia Mari ve ark. (2019), geleneksel kompozit rezin materyal olan Filtek™ Supreme XTE'nin tabakalı şekilde, bulk fill kompozit rezin materyal olan Filtek™ Bulk Fill'in ise kütleli olarak uygulandığı Sınıf II restorasyonların mikrosızıntı özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında, bulk fill kompozit rezin uygulanan grupta geleneksel kompozit rezin uygulanan gruba göre yüksek mikrosızıntı değerleri elde edildiğini, ancak bu durumun istatistiksel olarak anlamlı olmadığını rapor etmişlerdir. Çalışmamızın sonuçları, tabakalama tekniği ile uygulanan geleneksel kompozit rezin materyaller ile kütleli uygulanan bulk fill kompozit rezin materyallerin mikrosızıntı değerleri arasında anlamlı fark görülmeyen diğer çalışmalarla (Mosharrafian ve ark, 2017; Behery ve ark., 2018; Hoseinifar ve ark., 2020) olduğu gibi, Garcia Mari ve ark. (2019)'ın çalışmasının sonuçlarıyla da örtüşür niteliktedir.

Günümüzde kompozit rezin materyallerin posterior restorasyonlarda vazgeçilmez bir seçenek olması sebebiyle, kullanıma sunulan geniş bir kompozit rezin materyal yelpazesi bulunmaktadır (Peşkersoy ve ark., 2013). Restoratif diş hekimliğinde kullanılan güncel materyallerden olan akışkan kompozit rezin materyaller; ulaşımın zor olduğu, kavite geometrisinin uygun şekilde sağlanamadığı durumlarda polimerizasyon büzülmesini engellemek ve stres kırıcı bir bariyer oluşturmak amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır (Peşkersoy ve ark., 2013). Akışkan kompozit rezin materyaller düşük viskoziteleri sayesinde, kavite duvarlarına iyi bir adaptasyon sergiler. Bu kompozitlerin ilk nesilleri; düşük doldurucu içeriğe sahip olmaları nedeniyle, sadece fissür örtücü veya kavite liner olarak ya da küçük restorasyonlar için kullanım endikasyonuna sahipken (Cadenaro ve ark., 2009; Lee ve ark., 2010), son yıllarda bazı markalar tarafından doldurucu içeriği artırılmış; akıcı kıvama sahip, enjekte edilebilen kompozit rezin materyaller kullanıma sunulmuştur. Geleneksel kompozit rezinlerin fiziksel özelliklerine sahip olduğu iddia edilen bu

materyallerin Sınıf I'den V'e kadar tüm kavitelere kullanılabileceği öne sürülmektedir (*G-aenial ® Universal Injectable from GC Technical Manual*).

Çalışmamızda kullandığımız kompozit rezin materyallerden olan G-aenial Universal Injectable; ağırlıkça % 69 gibi yüksek bir doldurucu oranına sahiptir. Üretici firma tarafından materyalin başarısı; doldurucu yüzeylerinin neredeyse tamamen silan kaplama ajanıyla kaplandığı “Tam Silan Kaplama Teknolojisi” sayesinde rezin matriksine güçlü bir şekilde bağlanan ultra ince baryum parçacıklarına (150 nm) dayandırılmaktadır. Doldurucuların ıslanabilirliğinin ve monomerlerle bağlantısının iyileştirildiği bu materyal grubunun, enjekte edilebilen bir viskoziteye sahip olmasına rağmen gelişmiş tiksotropi (yerleştirildiği şekilde kalma özelliği) ve mükemmel adaptasyon sağladığı iddia edilmektedir (*G-aenial ® Universal Injectable from GC Technical Manual*).

Çalışmamızda konvansiyonel teknikle uyguladığımız kompozit rezin materyallerde en düşük mikrosızıntı değerlerini G-aenial Universal Injectable göstermiştir. Bunu sırasıyla Filtek™ Ultimate Universal Restoratif ve Filtek™ One Bulk Fill Restoratif takip etmiştir. G-aenial Universal Injectable; Filtek™ One Bulk Fill Restoratif'ten istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük ortalama mikrosızıntı değerleri sergilemiştir. Filtek™ Ultimate Universal Restoratif ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Filtek™ Ultimate Universal Restoratif ise Filtek™ One Bulk Fill Restoratif'e göre daha düşük ortalama mikrosızıntı değerleri göstermiş olsa da bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Çalışmamızda G-aenial Universal Injectable ve Filtek™ Ultimate Universal Restoratif tabakalı uygulanırken, Filtek™ One Bulk Fill Restoratif tek tabaka halinde kütleli olarak yerleştirilmiştir.

Çalışmamızda başarılı fiziksel özelliklerin yanı sıra kolay manipülasyonları sayesinde pratik bir kullanım vaadi ile piyasaya sürülen G-aenial Universal Injectable'ın konvansiyonel teknikle uygulandığı grup, diğer materyallere göre mikrosızıntı açısından üstünlük gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan literatür taramasında son yıllarda kullanıma sunulan bu materyalin mikrosızıntı özellikleri ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamış, dolayısıyla bir karşılaştırma yapılamamıştır. Ancak çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuç, materyalin performansı

konusunda üretici firmanın vaadleriyle paralellik göstermektedir. Yeni geliştirilen enjekte edilebilen bir kompozit rezin materyal olan G-ænial Universal Injectable'ın konvansiyonel teknikle uygulandığında geleneksel kompozitlere göre istatistiksel olarak anlamlı olmasa da daha başarılı ve bulk fill kompozit rezin materyallerden ise istatistiksel olarak daha başarılı bir mikrosızıntı değeri göstermesi, materyalin uygulama kolaylığı da göz önünde bulundurulduğunda; klinik kullanım için tercih sebebi olabileceği akla gelmektedir. Ancak bu sonucun hem ileri laboratuvar çalışmalarıyla hem de klinik çalışmalarla desteklenmesine ihtiyaç vardır.

Çalışmamızda örnekler konvansiyonel tekniğe ilave olarak, stamp tekniği ile de restore edilmiş, restorasyonlar hem mikrosızıntı, hem de süre bazında değerlendirilmiştir.

Hamilton ve ark. (1998), plastik mandibular dişlerin mezio-okluzal kavitelerini okluzal indeks ve konvansiyonel teknik kullanarak kompozit rezin materyallerle restore etmiş ve işlemleri tamamlamak için gerekli süreleri kaydetmişlerdir. Sonrasında dolgulu dişleri yüzey düzgünlüğü, marjinal adaptasyon, oklüzal anatomi ve aksiyal form açısından modifiye edilmiş Ryge kriterleri kullanılarak değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar marjinal adaptasyon ve aksiyal form açısından konvansiyonel teknikle uygulanan restorasyonların daha başarılı olduğunu, ancak okluzal indeks uygulanan grupta kompozit restorasyon süresinin önemli ölçüde azaldığını ve daha başarılı bir yüzey düzgünlüğü elde edildiğini rapor etmişlerdir.

Yapılan literatür incelemesi sonucunda stamp tekniği ile ilgili çalışmaların genellikle olgu raporlarıyla sınırlı olması sebebiyle, tekniğin kompozit rezin materyallerin mikrosızıntı özellikleri üzerindeki etkisi hakkında herhangi bir veriye rastlanmamıştır. Ayrıca olgu raporlarında okluzal indeks elde etmek için kullanılan materyallerin çok çeşitli olması da olası bir karşılaştırma yapmamıza imkan vermemiştir.

Çalışmamızda stamp tekniği ile uygulanan gruplar arasında en düşük mikrosızıntı değerlerini Filtek™ One Bulk Fill Restoratif göstermiştir. Bunu sırasıyla Filtek™ Ultimate Universal Restoratif ve G-ænial Universal Injectable izlemiştir. Filtek™ One Bulk Fill Restoratif ile Filtek™ Ultimate Universal Restoratif'in ortalama mikrosızıntı değerleri arasında anlamlı bir farklılık gözlenmezken; G-ænial

Universal Injectable, her iki gruptan anlamlı derecede daha yüksek mikrosızıntı değerleri göstermiştir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular, G-ænial Universal Injectable ve Filtek™ One Bulk Fill Restoratif'in stamp tekniği veya konvansiyonel teknikle uygulanmasının mikrosızıntı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturduğunu göstermiştir. Stamp tekniği ile uygulanan G-ænial Universal Injectable grubu, konvansiyonel tekniğe kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek mikrosızıntı değerleri göstermiştir. Filtek™ One Bulk Fill Restoratif ise stamp tekniği ile uygulandığına konvansiyonel tekniğe nazaran istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşük mikrosızıntı değerleri göstermiştir. Filtek™ Ultimate Universal Restoratif'in ise her iki teknikle uygulanması halinde elde edilen mikrosızıntı değerleri benzer bulunmuş, aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir.

Restoratif materyallerin neredeyse tamamında boyutsal değişimler ve kavite duvarlarına adaptasyon problemleri nedeniyle değişik oranlarda kenar sızıntısı gözlenmektedir. Kompozit rezin restorasyonlara polimerizasyon sırasında basınç uygulanmasının, kenar sızıntısının engellemesinde olumlu etkisi olduğu bildirilmiştir (Arıkan, 2005). Kompozitin hafif basınç altında polimerize edilmesinin restorasyondaki boşlukları azaltabileceği üzerinde durulmaktadır (Hamilton ve ark., 1998).

Stamp tekniği ile uygulanan ve Filtek™ One Bulk Fill Restoratif'in konvansiyonel tekniğe kıyasla anlamlı derecede düşük mikrosızıntı değerleri göstermesinin, basınç altında polimerize edilmesi sonucunda artan marjinal uyumla ilgili olabileceği düşünülebilir. Buna rağmen Filtek™ Ultimate Universal Restoratif istatistiksel olarak anlamlı olmasa da, stamp tekniği ile uygulandığında konvansiyonel tekniğe kıyasla mikrosızıntı açısından daha başarısız bir performans sergilemiştir. Materyalin performansları arasındaki bu farklılığın olası sebepleri düşünüldüğünde; indeks üzerinden gerçekleştiren polimerizasyon sebebiyle artan ışık uygulama mesafesinin potansiyel etkileri akla gelmektedir. Kompozit rezin materyallerin yetersiz polimerizasyonu sonucu marjinal sızıntı gözlenebilmekte ve polimerizasyon derecesi ışık uygulama mesafesinden etkilenmektedir. Işık cihazının kompozit rezin

yüzeyinden uzaklaştığı her 1 mm’de materyale ulaşan ışık yoğunluğunun %10 oranında azaldığı bildirilmiştir (Aydın ve ark., 2019).

Kompozit rezin materyallerde polimerizasyon derinliği ile materyalin translüsensi özelliği doğru orantılıdır. Bulk fill kompozit rezin materyallerin içeriğinde yapılan modifikasyonlar sayesinde materyallerin translüsensi özellikleri geliştirilmiştir. Materyale eklenen; baryum alüminyum silikat cam, yiterbiyum triflorid, zirkonyum silika partiküller sayesinde uygulanan ışığın polimerize edici etkisinin daha derinlere ulaşması mümkün olmaktadır (Aydın ve ark., 2019). Ayrıca polimerizasyon derinliğinin artması amacıyla yapıya farklı fotoaktif başlatıcılar da eklenmiştir (Çakır ve Demirbuğa, 2019).

Artan ışık uygulama mesafesinin; bulk fill kompozit rezin materyallerin geliştirilmiş özellikleri sebebiyle, Filtek™ One Bulk Fill Restoratif için Filtek™ Ultimate Universal Restoratif’te olduğu kadar olumsuz bir etki oluşturmadığı; basınç altında polimerizasyonun da etkisiyle materyalin konvansiyonel tekniğe nazaran daha düşük mikrosızıntı değerleri göstermiş olabileceği düşüncesindeyiz.

Çalışmamızda değerlendirilen gruplar içerisinde en yüksek mikrosızıntı değeri G-ænial Universal Injectable’ın Stamp tekniği ile uygulandığı grupta gözlenmiştir. Bu durumun potansiyel bir sebebinin; basınç altında gerçekleşen polimerizasyonun olası avantajının, materyalin akıcı formundan dolayı G-ænial Universal Injectable için geçerli olamadığı ve bu durumun artan ışık uygulama mesafesiyle de şiddetlenmiş olabileceği görüşündeyiz.

Çalışmamızda kullanılan tüm kompozit rezin materyaller stamp tekniği ile uygulandığında restoratif prosedür süresinin kısaldığı ve bu farkın tüm kompozit rezin materyaller için istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Çalışmamızda elde ettiğimiz bu sonuç stamp tekniğinin öncelikli tercih sebeplerinden biri olan kısa restorasyon süresi avantajını doğrular niteliktedir (Hamilton ve ark., 1998; Hamilton, 1999; Chadwick ve ark., 2009; Martos ve ark., 2010; De Andrada ve ark., 2011; Dekon ve ark., 2011; Pompeu ve ark., 2016; Moraru ve ark., 2019).

Çocuk diş hekimliğinde, başarılı ve ideal bir tedavinin en önemli şartlarından biri hasta kooperasyonudur. Bu nedenle kullanılan materyallerin ideal restoratif

materyaller için gerekli olan fiziksel özelliklere ek olarak, kolay ve kısa sürede uygulanabilir olması büyük önem taşımaktadır.

Çalışmamızın sonuçlarına göre, Filtek™ One Bulk Fill Restoratif konvansiyonel teknik yerine stamp tekniği ile uygulandığında, bulk fill kompozit rezin materyallerin var olan pratik kullanım avantajına ek olarak restorasyon süresinin istatistiksel olarak anlamlı derecede kısalması sağlanmış ve ayrıca şekil ve kontur açısından başarılı bir okluzal anatomi elde edilmiştir. Bununla beraber, Filtek™ One Bulk Fill Restoratif'in stamp tekniği ile uygulandığında istatistiksel olarak daha düşük mikrosızıntı değerleri sergilediği göz önüne alınacak olursa, tedavinin kısa sürede tamamlanmasının özellikle önemli olduğu çocuk hastalarda tercih sebebi olabileceğini düşünmek mümkündür.

Çalışmamızda G-ænial Universal Injectable, konvansiyonel teknikle uygulandığında tüm gruplar arasında en düşük mikrosızıntı değerini göstermesinin yanında, Filtek™ One Bulk Fill Restoratif'in restoratif prosedür süresine benzer bir süre ortaya koymuştur. Bu açıdan G-ænial Universal Injectable'ın konvansiyonel teknikle kullanımının hem süre hem mikrosızıntı performansı açısından bulk-fill kompozit rezinlerin bir alternatifi olabileceği düşünülebilir. Ancak çalışmamızın sonuçlarının ileri laboratuvar çalışmalarıyla ve uzun dönemli klinik çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda üç farklı kompozit rezin materyal ve iki farklı teknik ile uygulanan Sınıf I restorasyonların in vitro koşullarda mikrosızıntı özellikleri ve kullanılan teknik ve materyallerin restoratif prosedür süresi üzerine etkisi değerlendirilmiştir.

Çalışmamızın sonucunda;

- Konvansiyonel teknikle uygulanan gruplar içerisinde; G-ænial Universal Injectable, Filtek™ One Bulk Fill Restoratif'ten istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az mikrosızıntı değerleri gösterirken ($p<0,05$), Filtek™ Ultimate Universal Restoratif ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Filtek™ Ultimate Universal Restoratif ve Filtek™ One Bulk Fill Restoratif'in mikrosızıntı değerleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).
- Stamp tekniği ile uygulanan gruplar içerisinde; G-ænial Universal Injectable test edilen diğer iki kompozit rezin materyalden istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek mikrosızıntı değerleri göstermiştir ($p<0,05$). Filtek™ One Bulk Fill Restoratif ile Filtek™ Ultimate Universal Restoratif'in mikrosızıntı değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).
- Çalışmamızda değerlendirilen kompozit rezin materyallerden Filtek™ One Bulk Fill Restoratif, stamp tekniği ile uygulanması halinde konvansiyonel tekniğe kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük mikrosızıntı değerleri gösterirken ($p<0,05$), G-ænial Universal Injectable stamp tekniği ile uygulandığında konvansiyonel tekniğe kıyasla mikrosızıntı açısından

istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek mikrosızıntı değerleri ortaya koymuştur ($p<0,05$). Filtek™ Ultimate Universal Restoratif'in iki teknikle uygulanması halinde elde edilen mikrosızıntı değerleri arasında ise anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

- Çalışmamızda değerlendirilen tüm kompozit rezin materyaller, konvansiyonel teknik yerine stamp tekniği ile uygulandıklarında ortalama restoratif prosedür sürelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir kısalma meydana gelmiştir ($p<0,05$).



7. KAYNAKLAR

- ABBAS, G., FLEMING, G. J. P., HARRINGTON, E., SHORTALL, A. C. C., & BURKE, F. J. T. (2003). Cuspal movement and microleakage in premolar teeth restored with a packable composite cured in bulk or in increments. *Journal of Dentistry*, 31(6), 437–444.
- ABDALLA, A. I., ZOHAIRY, A. A. E. L., ABOUSHELİB, M. M. N., & FEİLZER, A. J. (2007). Influence of thermal and mechanical load cycling on the microtensile bond strength of self-etching adhesives. *American Journal of Dentistry*, 20(4), 250–254.
- ABRAHAM, S., GHONMODE, W. N., SAUJANYA, K. P., JAJU, N., TAMBE, H. V., & YAWALİKAR, P. P. (2013). Effect of grape seed extracts on bond strength of bleached enamel using fifth and seventh generation bonding agents. *Journal of International Oral Health*, 5(6), 101-7.
- AGUIAR, F. H. B., AJUDARTE, K. F., & LOVADİNO, J. R. (2002). Effect of light curing modes and filling techniques on microleakage of posterior resin composite restorations. *Operative Dentistry*, 27(6), 557–562.
- AKIN, G. E., HERGÜNER SİSO, Ş., & AKIN, H. (2012). Termal siklus ve suda bekletmenin kendinden asitli adezivlerin dentine mikrogerilim bağlanma dayanımları üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 22(2), 125–131.
- AL- SALEHİ, S. K., & BURKE, F. J. (1997). Methods used in dentin bonding tests: an analysis of 50 investigations on bond strength. *Quintessence Int*, 28(11), 717–723.
- AL-HARBİ, F., KAİSARLY, D., MİCHNA, A., ARREJAİE, A., BADER, D., & EL GEZAWİ, M. (2015). Cervical interfacial bonding effectiveness of Class II bulk versus incremental fill resin composite restorations. *Operative Dentistry*, 40(6), 622–635.
- ALANİ, A. H., & TOH, C. G. (1997, July). Detection of microleakage around dental restorations: A review. *Operative Dentistry*, Vol. 22, pp. 173–185.
- ALBERS H F. Tooth-coloured restoratives: Principles and Techniques. 9th ed.
- ALONSO, R. C. B., SİNHORETİ, M. A. C., CORRER SOBRİNH, L., CONSANİ, S., & GOES, M. F. de. (2004). Effect of resin liners on the microleakage of class V dental

- composite restorations. *Journal of Applied Oral Science*, 12(1), 56–61.
- ALRAHLAH, A., SİLİKAS, N., & WATTS, D. C. (2014). Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. *Dental Materials*, 30(2), 149–154.
- ALTUN, C. (2005). Kompozit Dolgu Materyallerinde Son Gelişmeler. *Gülhane Tıp Dergisi*, 47(1), 77–82.
- AMARAL, C. M., de CASTRO, A. K. B. B., PIMENTA, L. A. F., & AMBROSANO, G. M. B. (2002). Influence of resin composite polymerization techniques on microleakage and microhardness. *Quintessence Int* , 33(9), 685–689.
- AMARAL, F. L. B., COLUCCI, V., PALMA-DİBB, R. G., & CORONA, S. A. M. (2007). Assessment of in vitro methods used to promote adhesive interface degradation: A critical review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 19(6), 340–353.
- AMARANTE DE CAMARGO, D. A., SÎNHORETÎ, M. A. C., CORRER-SOBRÎNHO, L., DE SOUSA NETO, M. D., & Consani, S. (2006). Influence of the methodology and evaluation criteria on determining microleakage in dentin–restorative interfaces. *Clinical Oral Investigations*, 10(4), 317-323.
- ANCHÎETA, R. B., MACHADO, L. S., MARTÎNÎ, A. P., DOS SANTOS, P. H., GIANNÎNÎ, M., JANAL, M., COELHO, P. G. (2015). Effect of long-term storage on nanomechanical and morphological properties of dentin–adhesive interfaces. *Dental Materials*, 31(2), 141–153.
- ANUSAVÎCE, K.J., SHEN, C., RAWLS, H.R. (2003). Phillips' science of dental materials. St. Louis: W.B. Saunders.
- ARAUJO, E. M., DE GOES, M. F., & CHAN, D. C. N. (2009). Utilization of occlusal index and layering technique in class i silorane-based composite restorations. *Operative Dentistry*, 34(4), 491–496.
- ARDU, S., BRAUT, V., UHAC, I., BENBAHCÎR, N., FEÎLZER, A. J., & KREJCÎ, I. (2010). A new classification of resin-based aesthetic adhesive materials . *Coll Antropol*, 34(3), 1045–1050.
- ARIKAN, S. (2005). Posterior Kompozit Restorasyonlar. *Cumuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 8(1), 63–70.
- ARSLAN, E. (2016). Kütlesel veya tabakalı formda uygulanan bulk-fill kompozitlerin

sızdırmazlık performanslarının in vitro koşullarda incelenmesi. Uzmanlık Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

ASKAR, H., KROİS, J., GÖSTEMEYER, G., BOTTENBERG, P., ZERO, D., BANERJEE, A., & SCHWENDİCKE, F. (2020). Secondary caries: what is it, and how it can be controlled, detected, and managed? *Clinical Oral Investigations*, 24(5), 1869–1876.

AYDIN, N., KARAOĞLANOĞLU, S., OKTAY, E. A., TOKSOY TOPÇU, F., & DEMİR, F. (2019). Diş Hekimliğinde Bulk Fill Kompozit Rezinler. *Selçuk Dental Journal*, 6(2), 229–238.

AYYILDIZ. (2009). Atatürk Üniv. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2009(3), 219–226.

BAROUDİ, K., & RODRİGUES, J. C. (2015). Flowable Resin Composites: A Systematic Review and Clinical Considerations. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 9(6), 18–24.

BAVBK, A. B., KORKMAZ, T., & YILMAZ, C. (2007). Fiber ile güçlendirilmiş kompozit postların mekaniği. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 24(3), 187–192.

BAYNE, S. C., & SCHMALZ, G. (2005). Reprinting the classic article on USPHS evaluation methods for measuring the clinical research performance of restorative materials. *Clinical Oral Investigations*, 9 (4), 209-14.

BEDRAN DE CASTRO, A. K. B., PEREİRA, P. N. R., & PİMENTA, L. A. F. P. (2003). Effect of thermal and mechanical load cycling on microtensile bond strength of a total-etch adhesive system. *Operative Dentistry*, 29(2), 150–156.

BEHERY, H., EL-MOWAFY, O., EL-BADRAWY, W., NABİH, S., & SALEH, B. (2018). Gingival microleakage of class II bulk-fill composite resin restorations. *Dental and Medical Problems*, 55(4), 383–388.

BENETTİ, A. R., HAVNDRUP-PEDERSEN, C., PEDERSEN, M. K., HONORÉ, D., & PALLESEN, U. (2015). Bulk-fill resin composites: Polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. *Operative Dentistry*, 40(2), 190–200.

BERGENHOLTZ, G., COX, C. F., LOESCHE, W. J., & SYED, S. A. (1982). Bacterial leakage around dental restorations: its effect on the dental pulp. *Journal of Oral Pathology & Medicine*, 11(6), 439–450.

- BERKMEN, B., YAMANEL, K., & ARHUN, N. (2019). Classification of Adhesive Systems . *Ankara Üniversitesi Diş Heımlığı. Fakóltesi Dergisi*, 46(2), 115–126.
- BEYTH, N., FARAH, S., DOMB, A. J., & WEİSS, E. I. (2014). Antibacterial dental resin composites. *Reactive and Functional Polymers*, 75, 81–88.
- BİCALHO, A. A., PEREİRA, R. D., ZANATTA, R. F., FRANCO, S. D., TANTBİROJN, D., VERSLUİS, A., & SOARES, C. J. (2014). Incremental filling technique and composite material-Part I: Cuspal deformation, bond strength, and physical properties. *Operative Dentistry*, 39(2), 71-82.
- BLUNCK, U., & ZASLANSKY, P. (2011). Enamel margin integrity of class I one-bottle all-in-one adhesive-based restorations. *Journal of Adhesive Dentistry*, 13(1), 23–29.
- BORUZİNİAT, A., GHARAEI, S., SARRAF SHİRAZİ, A., MAJİDİNİA, S., & VATANPOUR, M. (2016). Evaluation of the efficacy of flowable composite as lining material on microleakage of composite resin restorations: A systematic review and meta-analysis. *Quintessence International*, 47(2), 93–101.
- BRUNTHALER, A., KÖNİG, F., LUCAS, T., SPERR, W., & SCHEDLE, A. (2003). Longevity of direct resin composite restorations in posterior teeth. *Clinical Oral Investigations*, 7(2), 63–70.
- BULUCU, B., YOLDAS, H. O., & SEVİLMİS, H. H. (1999). Amalgam ve Kompozit Restorasyonlarda Değışim Nedenleri Üzerine Bir Araştırma. *Atatürk Üniversitesi .Diş Hekimliğı Fakóltesi Dergisi*, 9(1), 25–29.
- BURGESS, J., & ÇAKIR, D. (2010). Comparative properties of low-shrinkage composite resins. *The Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 31(2), 10–15.
- CADENARO, M., MARCHESİ, G., ANTONİOLLİ, F., DAVIDSON, C., DE STEFANO DORİGO, E., & BRESCHİ, L. (2009). Flowability of composites is no guarantee for contraction stress reduction. *Dental Materials*, 25(5), 649–654.
- ÇAKIR, N. N., & DEMİRBUĞA, S. (2019). RESTORATİF Dİş HEKİMLİĞİNDE BULK FİLL KOMPOZİT REZİNLER. *Sağıık Bilimleri Dergisi*, 28(3), 188–193.
- CAMPOS, E. A., ARDU, S., LEFEVER, D., JASSÉ, F. F., BORTOLOTO, T., & KREJCİ, I. (2014). Marginal adaptation of class II cavities restored with bulk-fill composites. *Journal of Dentistry*, 42(5), 575–581.

- CARDOSO, P. (2008.). Early and 24-hour bond strength and degree of conversion of etch-and- rinse and self-etch adhesives. *American Journal of Dentistry*, 21(1), 30-4.
- CARRILHO E, CARDOSO M, MARQUES FERREIRA M, MARTO CM, PAULA A, COELHO AS. (2019). 10-MDP Based Dental Adhesives: Adhesive Interface Characterization and Adhesive Stability-A Systematic Review. *Materials (Basel)*, 12(5):790.
- CATTANI - LORENTE, M., BOUÏLLAGUET, S., & MEYER, J.-M. (2001). Polymerization shrinkage of Ormocer based dental restorative composites. *European Cells & Materials*, 1(1), 25–26.
- CENGİZ, T. (2019). Kendinden adezivli kompozit rezinlerin farklı universal adeziv sistemlerle birlikte uygulanarak mikrogerilim bağlantı dayanımlarının değerlendirilmesi, Uzmanlık Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- CHADWICK, R. G., GEDDES, A., & CRAIG, J. (2009). Preoperative occlusal matrix aids the development of occlusal contour of posterior occlusal resin composite restorations - Clinical rationale and technique. *British Dental Journal*, 206(6), 315–317.
- CHEN, M. H. (2010). Critical reviews in oral biology & medicine: Update on dental nanocomposites. *Journal of Dental Research*, Vol. 89, pp. 549–560.
- CHESTERMAN, J., JOWETT, A., GALLACHER, A., & NIXON, P. (2017). Bulk-fill resin-based composite restorative materials: A review. *British Dental Journal*, 222(5), 337–344.
- CONTE, G., & CIANCONI, L. (2008). A clear PVS matrix technique for the placement of posterior direct composites. *Dentistry Today*, 27(5), 126–127.
- CULBERTSON, B. M., WAN, Q., & TONG, Y. (1997). Preparation and evaluation of visible light-cured multi-methacrylates for dental composites. *Journal of Macromolecular Science - Pure and Applied Chemistry*, 34(2), 2405–2421.
- CZASCH, P., & ILIE, N. (2013). In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clinical Oral Investigations*, 17(1), 227–235.
- ÇEHRELİ, S. B., YALÇINKAYA, Z., ÇEHRELİ, Z. C., & TIRALI, R. E. (2013). Microleakage of newly developed glass carbomer cement in primary teeth. *European Journal of Dentistry*, 7(1), 15–21.

- ÇEHRELİ, S. BURCAK, YALÇINKAYA, Z., GÜVEN-POLAT, G., & ÇEHRELİ, Z. C. (2010). Effect of ozone pretreatment on the microleakage of pit and fissure sealants. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 35(2), 187–190.
- ÇEHRELİ, Z. C., & GÜNGÖR, H. C. (2008). Quantitative microleakage evaluation of fissure sealants applied with or without a bonding agent: results after four-year water storage in vitro. *J Adhes Dent.*, 10(5), 379–384.
- ÇELİK, Ç. (2017). Güncel Kompozit Rezin Sistemler. *Türkiye Klinikleri* 3(3), 128–137.
- ÇINAR, Ç. (2011). Çocuk Diş Hekimliğinde Adeziv Sistemlerin Tarihsel Gelişimi ve Sınıflandırılması. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences Special Topics*, 2(2), 1–7.
- DALLI, M., İNCE, B., & BAŞI, E. (2010). Termal Siklusun Mikrosızıntıya Etkisinin Sınıf V Kavitelere Kompozit Restorasyonlarda İn Vitro İncelemesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 20(2), 105–113.
- DAVIES, S. J., GRAY, R. M. J., & SMITH, P. W. (2001). Good occlusal practice in simple restorative dentistry. *British Dental Journal*, 191(7), 365–381.
- DAYANGAÇ, B. (2000). Kompozit Rezin Restorasyonlar, 1. baskı, Güneş Kitapevi, Ankara.
- DAYANGAÇ, B (2011). Kompozit Restorasyonlar, Quintessence Yayıncılık ;1-54.
- DE CARVALHO DEKON, S. F., PEREIRA, L. V., ZAVANELLI, A. C., GOIATO, M. C., DO AMPARO RESENDE, C., & DOS SANTOS, D. M. (2011). An effective technique to posterior resin composite restorations. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 12(6), 506–510.
- DE MAGALHAES, C. S. (1999). Volumetric microleakage assessment of glass-ionomer-resin composite hybrid materials. *Quintessence International.*, 30(2), 117–121.
- 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. *Journal of Dental Research*, 84(2), 118–132.
- 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. *Operative Dentistry*, 30(1), 39–

- DELİPERİ, S., BARDWELL, D. N., WEGLEY, C., & CONGIU, M. D. (2006). In vitro evaluation of giomers microleakage after exposure to 33% hydrogen peroxide: Self-etch vs total-etch adhesives. *Operative Dentistry*, 31(2), 227–232.
- DEMARCO, F. F., CORRÊA, M. B., CENCI, M. S., MORAES, R. R., & OPDAM, N. J. M. (2012). Longevity of posterior composite restorations: Not only a matter of materials. *Dental Materials*, 28(1), 87–101.
- DEMİR, N. (2017). A New Material in Dentistry: Giomers. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 8(2), 1543–1548.
- DEMİRCİ, M., KORAY, F., & TURAN, N. (1999). Sekonder ve Rezidüel Çürük Sıklığı. *İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 33, 93–106.
- DE MUNCK, J., VAN LANDUYT, K., PEUMANS, M., POİTEVİN, A., LAMBRECHTS, P., BRAEM, M., & VAN MEERBEEK, B. (2005a, February). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: Methods and results. *Journal of Dental Research*, 84(2), 118–132.
- DE MUNCK, J., VARGAS, M., IRACKI, J., VAN LANDUYT, K., POİTEVİN, A., LAMBRECHTS, P., & VAN MEERBEEK, B. (2005). One-day bonding effectiveness of new self-etch adhesives to bur-cut enamel and dentin. *Operative Dentistry*, 30(1), 39–49.
- Dİ HİPÓLITO, V., ALONSO, R. C. B., CARRILHO, M. R. DE O., NETTO, C. A., SÎNHORETİ, M. A. C., & DE GOES, M. F. (2011). Microtensile bond strength test and failure analysis to assess bonding characteristics of different adhesion approaches to ground versus unground enamel. *Brazilian Dental Journal*, 22(2), 122–128.
- DOS SANTOS, P. A., GARCÍA, P. P. N. S., DE OLIVEIRA, A. L. B. M., CHINELATTI, M. A., & PALMA-DİBB, R. G. (2010). Chemical and morphological features of dental composite resin: Influence of light curing units and immersion media. *Microscopy Research and Technique*, 73(3), 176–181.
- EDWARD, J., & SWİFT, J. (2002). Dentin/enamel adhesives: review of the literature . *Pediatric Dentistry Journal*, 24(5), 456–461.
- EL-DAMANHOURY, H. M., & PLATT, J. A. (2014). Polymerization shrinkage stress

- kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. *Operative Dentistry*, 39(4), 374–382.
- ELİĞÜZELOĞLU, E. (2009). Son Dönem Geliştirilen Adeziv Sistemler. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 10(1), 22-29.
- ERDEMİR, U., & YAMAN, B. (2011). Diş Hekimliğinde Mikrosızıntı Ve Mikrosızıntı Araştırma Yöntemleri. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 45(1), 25–35.
- ERDİLEK, D., DÖRTER, C., KORAY, F., KUNZELMANN, K.-H., EFES, B. G., & GOMEÇ, Y. (2009). Effect of Thermo-mechanical Load Cycling on Microleakage in Class II Ormocer Restorations. *European Journal of Dentistry*, 3(3), 200–205.
- EREN, D., & ÖZEL BEKTAŞ, Ö. (2006). Dental Adezivler. *Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 9(1), 63–67.
- ERNST, C. P., GALLER, P., WILLERSHAUSEN, B., & HALLER, B. (2008). Marginal integrity of class V restorations: SEM versus dye penetration. *Dental Materials*, 24(3), 319–327.
- ERONAT, N., & CANDAN, Ü. (2008). Fiberle Güçlendirilmiş Resin Kompozitler. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 29(1), 1–12.
- EİCK, J. D., KOSTORYZ, E. L., ROZZİ, S. M., JACOBS, D. W., OXMAN, J. D., CHAPPELOW, C. C., YOURTEE, D. M. (2002). In vitro biocompatibility of oxirane/polyol dental composites with promising physical properties. *Dental Materials*, 18(5), 413–421.
- EİCK, J D, & WELCH, F. H. (1986). Polymerization shrinkage of posterior composite resins and its possible influence on postoperative sensitivity. *Quintessence International*, 17(2), 103–111.
- FABIANELLİ, A., GORACCİ, C., & FERRARİ, M. (2003). Sealing ability of packable resin composites in class II restorations. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 5(3), 217–223.
- FERRACANE, J. (2001). Materials in dentistry: principles and applications. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- FERRACANE, J. L. (2005). Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *Dental Materials*, 21(1), 36–42.

- FERRACANE, J. L. (2006). Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dental Materials*, 22(3), 211–222.
- FERRACANE, J. L. (2011). Resin composite - State of the art. *Dental Materials*, 27(1), 29–38.
- FLOYD, C. J. E., & DICKENS, S. H. (2006). Network structure of Bis-GMA- and UDMA-based resin systems. *Dental Materials*, 22(12), 1143–1149.
- FRANKENBERGER, R., PASHLEY, D. H., REICH, S. M., LOHBAUER, U., PETSCHLT, A., & TAY, F. R. (2005). Characterisation of resin-dentine interfaces by compressive cyclic loading. *Biomaterials*, 26(14), 2043–2052.
- FUJIMOTO, Y., IWASA, M., MURAYAMA, R., MIYAZAKI, M., NAGAFUJI, A., & NAKATSUKA, T. (2010). Detection of ions released from S-PRG fillers and their modulation effect. *Dental Materials Journal*, 29(4), 392–397.
- FURNESS, A., TADROS, M. Y., LOONEY, S. W., & RUEGGEBERG, F. A. (2014). Effect of bulk/incremental fill on internal gap formation of bulk-fill composites. *Journal of Dentistry*, 42(4), 439–449.
- GALE, M. S., & DARVELL, B. W. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of Dentistry*, 27(2), 89–99.
- GARCÍA, D., YAMAN, P., DENNISON, J., & NEIVA, G. F. (2014). Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk fill flowable composite resins. *Operative Dentistry*, 39(4), 441–448.
- GARCÍA MARI, L., CIIMENT GIL, A., & LLENA PUY, C. (2019). In vitro evaluation of microleakage in Class II composite restorations: Highviscosity bulk-fill vs conventional composites. *Dental Materials Journal*, 38(5), 721–727.
- GAROUSHI, S., GARGOUM, A., VALLITTU, P. K., & LASSILA, L. (2018). Short fiber-reinforced composite restorations: A review of the current literature. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, 9(3), e12330.
- GENÇ, G., & TOZ, T. (2017). A Review Of The Color Stability Of Resin Composites: The Etiology, Classification And The Treatment Of Composite Staining. *Journal of Ege University School of Dentistry*, 38(2), 68–79.
- GIANNINI, M., MAKISHI, P., AYRES, A. P. A., VERMELHO, P. M., FRONZA, B. M.,

- NİKAİDO, T., & TAGAMİ, J. (2015). Self-Etch adhesive systems: A literature review. *Brazilian Dental Journal*, 26(1), 3–10.
- GIANNİNİ, M., SEIXAS, C. A. M., REIS, A. F., & PIMENTA, L. A. F. (2003). Six-month storage-time evaluation of one-bottle adhesive systems to dentin. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 15(1), 43–49.
- GIACHETTI, L., BERTİNİ, F., BAMBI, C., & SCAMINACI RUSSO, D. (2007, March 1). A rational use of dental materials in posterior direct resin restorations in order to control polymerization shrinkage stress. *Minerva Stomatologica*, 56(3):129-138.
- GLADWIN, M., BAGBY, M. (2008). Clinical aspects of dental materials. Theory, practice, and cases. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- GORŠETA, K. (2015). Fissure Sealing in Occlusal Caries Prevention. In *Emerging Trends in Oral Health Sciences and Dentistry*, Chapter: 1.
- GÖKÇE, K., & ÖZEL, E. (2005). Kompozit Restorasyonlarda Son Gelişmeler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 15(3), 52–60.
- GÖNÜLOL, N., ÖZER, S., & DEMİREL, N. (2014). Giomer yapıdaki akışkan kompozit ve adeziv sistemin Sınıf V kaviterlerde mikrosızıntı açısından değerlendirilmesi. *Acta Odontologica Turcica*, 31(1), 18.
- GÖZTAŞ, Z., TOSUN, G., YILDIZ, E., & KAHRAMAN, K. (2014). Nanodoldurucu içeren beş farklı kompozitin yüzey sertliği ve pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi. *Selçuk Dental Journal*, 2(2), 43–48.
- GUÉDERS, A. M., CHARPENTIER, J. F., ALBERT, A. I., & GEERTS, S. O. (2006). Microleakage after thermocycling of 4 etch and rinse and 3 self-etch adhesives with and without a flowable composite lining. *Operative Dentistry*, 31(4), 450–455.
- GWİNNETT, J. A., TAY, F. R., PANG, K. M., & WEI, S. H. Y. (1995a). Comparison of three methods of critical evaluation of microleakage along restorative interfaces. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 74(6), 575–585.
- G-aenial ® Universal Injectable from GC Technical Manual.*
- GÜR, GÜRKAN, & PERİHAN ÖZYURT. (2003). Farklı Tekniklerle Restore Edilen C111 Kompozit Restorasyonların Marjinal Sızıntısının Değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 30(1), 23–32.

- HABİB E, WANG R, WANG Y, ZHU M, ZHU X. (2015). Inorganic fillers for dental resin composites: present and future. *ACS Biomater Sci Eng*, 2(1), 1-11.
- HAMILTON, J. C. (1999). Posterior Class II composite restorations utilizing a custom occlusal matrix. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry*, 11(3), 371–374.
- HAMILTON, J. C., KRESTİK, K. E., & DENİSSON, J. B. (1998). Evaluation of custom occlusal matrix technique for posterior light-cured composites. *Operative Dentistry*, 23(6), 303–307.
- HANABUSA, M., MİNE, A., KUBOKİ, T., MOMOI, Y., VAN ENDE, A., VAN MEERBEEK, B., & DE MUNCK, J. (2012). Bonding effectiveness of a new “multi-mode” adhesive to enamel and dentine. *Journal of Dentistry*, 40(6), 475–484.
- HEİNTZE, S. (2008). Microleakage of Class II restorations with different tracers--comparison with SEM quantitative analysis. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 10(4), 259–267.
- HEİNTZE, S. D., MONREAL, D., & PESCHKE, A. (2015). Marginal quality of class II composite restorations placed in bulk compared to an incremental technique: Evaluation with sem and stereomicroscope. *Journal of Adhesive Dentistry*, 17(2), 147–154.
- HERVÁS-GARCÍA, ADELA, MARTÍNEZ-LOZANO, M. A., CABANES-VILA, J., BARJAU-ESCRIBANO, A., & FOS-GALVE, P. (2006). Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 11(12), 215-20.
- HİROYUKİ, F., MİTSUI, O., KARİNA, A., BEDRAN-DE-CASTRO, B., ANDRÉ, /, RİTTER, V., FREİRE PIMENTA, A. (2003). Influence of Load Cycling on Marginal Microleakage with Two Self-etching and Two One-bottle Dentin Adhesive Systems in Dentin. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 5(3), 209-16.
- HOSEİNİFAR, R., MOFİDİ, M., MALEKHOSSEİNİ, N., & AUTHOR, C. (2020). The Effect of Occlusal Loading on Gingival Microleakage of Bulk Fill Composites Compared with a Conventional Composite. *Journal of Dentistry, Shiraz University of Medical Sciences*, 21(2), 87–94.
- IDRİSS, S., HABİB, C., ABDULJABBAR, T., & OMAR, R. (2003). Marginal adaptation of class II resin composite restorations using incremental and bulk placement techniques: An ESEM study. *Journal of Oral Rehabilitation*, 30(10), 1000–1007.

- IKEDA, I., OTSUKI, M., SADR, A., NOMURA, T., KISHIKAWA, R., & TAGAMI, J. (2009). Effect of filler content of flowable composites on resin-cavity interface. *Dental Materials Journal*, 28(6), 679–685.
- IKEMURA, K., TAY, F. R., ENDO, T., & PASHLEY, D. H. (2008). A review of chemical-approach and ultramorphological studies on the development of fluoride-releasing dental adhesives comprising new pre-reacted glass ionomer (PRG) fillers. *Dental Materials Journal*, 27(3), 315-39.
- ILIE, N., & HICKEL, R. (2011). Resin composite restorative materials. *Australian Dental Journal*, 56(1), 59–66.
- IMAZATO, S., RUSSELL, R. R. B., & MCCABE, J. F. (1995). Antibacterial activity of MDPB polymer incorporated in dental resin. *Journal of Dentistry*, 23(3), 177–181.
- IMAZATO, S., TARUMI, H., KATO, S., & EBISU, S. (1999). Water sorption and colour stability of composites containing the antibacterial monomer MDPB. *Journal of Dentistry*, 27(4), 279–283.
- IWAİ H, FUJİTA K, IWAİ H, IKEMİ T, GOTO H, AİDA M. (2013). Development of MDP-based onestep self-etch adhesive--effect of additional 4-META on bonding performance. *Dental Materials Journal*, 32(1),1-9.
- İNCE, B., DALLI, M., BAHŞİ, E., ŞAHBAZ, C., ÇOLAK, H., & ERCAN, E. (2011). Sınıf II kavitellerdeki üç farklı adeziv sistemin mikrosızıntılarının sem ile in vitro olarak incelenmesi. *Cumhuriyet Dental Journal*, 12(2), 111.
- IWAMI, Y., YAMAMOTO, H., & EBISU, S. (2000). A new electrical method for detecting marginal leakage of in vitro resin restorations. *Journal of Dentistry*, 28(4), 241–247.
- ISHİKİRİAMA, S. K., MONDELLI, R. F. L., KANO, S. C., ISHİKİRİAMA, A., & MONDELLI, J. (2007). Role of additional retention on marginal adaptation and sealing of large resin composite class II restorations. *Operative Dentistry*, 32(6), 564–570.
- ISHİKİRİAMA, SÉRGIO KIYOSHİ, VALERETTO, T. M., FRANCO, E. B., & MONDELLI, R. F. L. (2012). The influence of “C-factor” and light activation technique on polymerization contraction forces of resin composite. *Journal of Applied Oral Science*, 20(6), 603–606.
- JOKSTAD, A. (2016). Secondary caries and microleakage. *Dental Materials*, 32(1), 11–25.

- JORDEHİ, A., SHAHABİ, M., & AKBARİ, A. (2019). Comparison of self-Adhering flowable composite microleakage with several types of bonding agent in class v cavity restoration. *Dental Research Journal*, 16(4), 257–263.
- JULOSKİ, J., GORACCİ, C., RENGO, C., GIOVANNETTİ, A., VİCHİ, A., VULİCEVİĆ, Z. R., & FERRRARI, M. (2012). Enamel and dentin bond strength of new simplified adhesive materials with and without preliminary phosphoric acid-etching. *Am J Dent.*, 25(4), 239–243.
- JYOTHİ, K. N., ANNAPURNA, S., ANİL KUMAR, S., VENUGOPAL, P., & JAYASHANKARA, C. M. (2011). Clinical evaluation of giomer- and resin-modified glass ionomer cement in class V noncarious cervical lesions: An in vivo study. *Journal of Conservative Dentistry*, 14(4), 409–413.
- KACZOR K, GERULA-SZYMANSKA A, SMEKTALA T, SAFRANOW K, LEWUSZ K, NOWICKA A. (2018). Effects of different etching modes on the nanoleakage of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 30(4). 287-98.
- KAİSARLY, D., & GEZAWİ, M. EL. (2016). Polymerization shrinkage assessment of dental resin composites: a literature review. *Odontology*, 104(3), 257-70.
- KARACA, Z., AKBAY OBA, A., ÖZALP, N., ÖZMEN DERKUŞ, T., & TAŞTEKİN, M. (2020). Florid İçerikli Restoratif Materyallerin Florid Salımı Ve Floridle Yeniden Yüklenebilme Özelliklerinin Değerlendirilmesi. *Selcuk Dental Journal*, 7(2), 310–317.
- KARADAĞ, S. (2005). Mikrosızıntı Araştırma Teknikleri Ve Mikrosızıntıyı Etkileyen Faktörler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 15(2), 80–87.
- KARADAŞ, M., & DEMİRBUĞA, S. (2017). Evaluation of Color Stability and Surface Roughness of Bulk-Fill Resin Composites and Nanocomposites. *Meandros Medical and Dental Journal*, 18(3), 199–205.
- KAYA, T. (2014). Diş hekimliğinde kullanılan multimod, etch and rinse ve self etch adezivlerin süt ve daimi dişlerin sınıf I restorasyonlarında mikrosızıntı açısından karşılaştırılması. Doktora Tezi. Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- KİMYAI, S., RAHBAR, M., EBRAHİMİ, A., & ASDAGH, S. (2020). Comparison of marginal adaptation of Class II cavities restored with bulk-fill and conventional composite resins using different universal bonding agent application strategies. *Dental*

Research Journal, 17(4), 273–279.

- KLAPDOHR S, MOSZNER N. (2005). New inorganic components for dental filling composites. *Monatshefte für Chemie/Chemical Monthly*, 136(1), 21-45.
- KORASLI, D., ZİRAMAN, F., ÖZYURT, P., & ÇEHRELİ, S. B. (2007). Microleakage of self-etch primer/adhesives in endodontically treated teeth. *Journal of the American Dental Association*, 138(5), 634–640.
- KUBO, S., YOKOTA, H., SATA, Y., & HAYASHİ, Y. (2001). Microleakage of self-etching primers after thermal and flexural load cycling. *American Journal of Dentistry*, 14(3), 163–169.
- KUROE, T., TACHİBANA, K., TANİNO, Y., SATOH, N., OHATA, N., SANO, H., CAPUTO, A. A. (2003). Contraction stress of composite resin build-up procedures for pulpless molars. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 5(1), 71–77.
- KÜÇÜKEŞMEN, H. C., & KÜÇÜKEŞMEN, Ç. (2012). Sınıf-V Hibrid Kompozit Rezın Restorasyonların Mikrosızıntı Düzeylerinin Karşılaştırılması. *Balıkesir Sağlık Bilim Derg.*, 1(3), 110–116.
- KWON, Y., FERRACANE, J., & LEE, I. B. (2012). Effect of layering methods, composite type, and flowable liner on the polymerization shrinkage stress of light cured composites. *Dental Materials*, 28(7), 801–809.
- KİM, M. E., & PARK, S. H. (2011). Comparison of premolar cuspal deflection in bulk or in incremental composite restoration methods. *Operative Dentistry*, 36(3), 326–334.
- KİREMİTÇİ, A., & HÜRMÜZLÜ, F. (2001). İki Farklı Dentin Adezivin Kompozitleri Dentine Bağlama Dayanıklılığının Karşılaştırılması. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2001(2).
- KUROKAWA, H., TAKAMİZAWA, T., RİKUTA, A., TSUBOTA, K., & MİYAZAKİ, M. (2015). Three-year clinical evaluation of posterior composite restorations placed with a single-step self-etch adhesive. *Journal of Oral Science* 57(2), 101-8.
- LEE, I. B., MİN, S. H., KİM, S. Y., & FERRACANE, J. (2010). Slumping tendency and rheological properties of flowable composites. *Dental Materials*, 26(5), 443–448.
- LEE, J. J., METTEY-MARBELL, A., COOK, A., PİMENTA, L. A. F., LEONARD, R., & RİTTER, A. V. (2007). Using extracted teeth for research: The effect of storage medium

- and sterilization on dentin bond strengths. *Journal of the American Dental Association*, 138(12), 1599–1603.
- LEINFELDER, K. F. (2001). Dentin adhesives for the twenty-first century. *Dental Clinics of North America*, 45(1), 1–6.
- 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. *Journal of Oral Rehabilitation*, 37(5), 364–376.
- LI, X., PONGPRUEKSA, P., VAN MEERBEEK, B., & DE MUNCK, J. (2015). Curing profile of bulk-fill resin-based composites. *Journal of Dentistry*, 43(6), 664–672.
- LI, HEPING, BURROW, M. F., & TYAS, M. J. (2002). The effect of load cycling on the nanoleakage of dentin bonding systems. *Dental Materials*, 18(2), 111–119.
- LIBERMAN, R., BENAMAR, A., FRAYBERG, E., ABRAMOVITZ, I., & METZGER, Z. (2001). Effect of Repeated Vertical Loads on Microleakage of IRM and Calcium Sulfate-Based Temporary Fillings. *Journal of Endodontics*, 27(12), 724–729.
- LUTZ F, PHILLIPS RW. (1983). A classification and evaluation of composite resin systems. *J Prosthet Dent*, 50(4), 480-8.
- LYNCH, C. D., OPDAM, N. J., HICKEL, R., BRUNTON, P. A., GURGAN, S., KAKABOURA, A., ... WILSON, N. H. F. (2014). Guidance on posterior resin composites: Academy of Operative Dentistry - European Section. *Journal of Dentistry*, 42(4), 377–383.
- MAHANT, R. H., CHOKSHI, S., VAIDYA, R., PATEL, P., VORA, A., & MAHANT, P. (2016). Comparison of the amount of temperature rise in the pulp chamber of teeth treated with QTH, second and third generation LED light curing units: An in vitro study. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 7(3), 184–191.
- MAHN, E. (2013). Clinical criteria for the successful curing of composite materials. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 6(3), 148-153.
- MANHART, J., KUNZELMANN, K. H., CHEN, H. Y., & HICKEL, R. (2000). Mechanical properties of new composite restorative materials. *Journal of Biomedical Materials Research*, 53(4), 353–361.
- MANHART, J., CHEN, H. Y., MEHL, A., WEBER, K., & HICKEL, R. (2001). Marginal

- quality and microleakage of adhesive class V restorations. *Journal of Dentistry*, 29(2), 123–130.
- MARGVELASHVILI, M., GORACCI, C., BELOICA, M., PAPACCHINI, F., & FERRARI, M. (2010). In vitro evaluation of bonding effectiveness to dentin of all-in-one adhesives. *Journal of Dentistry*, 38(2), 106–112.
- MARTIN, F. E., & O'ROURKE, M. (1993). Marginal seal of cervical tooth-coloured restorations. A laboratory investigation of placement techniques. *Australian Dental Journal*, 38(2), 102–107.
- MARTOS, J., SILVEIRA, L. F., FERRER-LUQUE, C., & GONZÁLEZ-LÓPEZ, S. (2010a). Restoration of posterior teeth using occlusal matrix technique. *Indian Journal of Dental Research*, 21(4), 596.
- MICHOR, E. L., & BERG, J. C. (2014). Micellization behavior of aerosol OT in alcohol/water systems. *Langmuir*, 30(42), 12520–12524.
- MIGLIAU, G. (2017). Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Annali Di Stomatologia*, 8(1), 1.
- MOORE, B. K., PLATT, J. A., BORGES, G., CHU, T. M. G., & KATSILIERI, I. (2008). Depth of cure of dental resin composites: ISO 4049 depth and microhardness of types of materials and shades. *Operative Dentistry*, 33(4), 408–412.
- MORARU, I., BUGALĂ, A., GHEORGHE, A., POPESCU, D., & RÂCĂ, A. M. (2019). Why Using The Stamp Technique In Class I Cavities Is A First Choice Filling Technique. In *Romanian Journal of Medical and Dental Education*, 8(1), 65-68.
- MOREIRA DA SILVA, E., DOS SANTOS, G. O., GUIMARÃES, J. G. A., BARCELLOS, A. D. A. L., & SAMPAIO, E. M. (2007). The influence of C-factor, flexural modulus and viscous flow on gap formation in resin composite restorations. *Operative Dentistry*, 32(4), 356–362.
- MORRESI AL, D'AMARIO M, CAPOGRECO M, GATTO R, MARZO G, D'ARCANGELO C, MONACO A, (2014). Thermal cycling for restorative materials: does a standardized protocol exist in laboratory testing? A literature review. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 29 (2014), 295–308.
- MOSHARRAFIAN, S., HEIDARI, A., & RAHBAR, P. (2017). Microleakage of Two Bulk

- Fill and One Conventional Composite in Class II Restorations of Primary Posterior Teeth. *Journal of Dentistry*, 14(3), 123–131.
- MOSZNER, N., SALZ, U., & ZİMMERMANN, J. (2005). Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: A systematic review. *Dental Materials*, 21(10), 895–910.
- MUTLUAY, M. S. (2016). Süt dişlerinde restoratif materyal seçimi ve etkileyen faktörler. *Selcuk Dental Journal*, 3(3), 151–151.
- NAZARİ, A., SHİMADA, Y., SADR, A., & TAGAMİ, J. (2012). Pre-etching vs. grinding in promotion of adhesion to intact enamel using self-etch adhesives. *Dental Materials Journal*, 31(3), 394–400.
- NEDELJKOVIĆ, I., TEUGHEL, W., DE MUNCK, J., VAN MEERBEEK, B., & VAN LANDUYT, K. L. (2015). Is secondary caries with composites a material-based problem? *Dental Materials*, 31, 247–277.
- NELSON, S. (2009). Wheeler's Dental Anatomy, Physiology and Occlusion (9. baskı).
- NİHEİ T. (2016). Dental applications for silane coupling agents. *J Oral Sci.*, 58(2), 151-5.
- NİSHİYAMA N, TAY FR, FUJİTA K, PASHLEY DH, IKEMURA K, HİRAİSHİ N. (2006). Hydrolysis of functional monomers in a single-bottle selfetching primer—correlation of ¹³C NMR and TEM findings. *Journal of Dental Research*, 85, 422-426.
- NOORT, R.V. (2013). Introduction to dental materials. New York: Mosby Elsevier.
- OK, U. (2017). Braket Altında Oluşan Mikrosızıntının Dört Farklı Bonding Tekniğinde Termal Siklus Ve Çiğneme Simülatörü Yöntemleri İle Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Bezmialem Vakıf Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ORTENGREN, U., WELLENDOFF, H., KARLSSON, S., & RUYTER, I. E. (2001). Water sorption and solubility of dental composites and identification of monomers released in an aqueous environment, 8(12), 1106-15.
- ÖLMEZ, A, & TUNA, D. (2002). POLİMERİZASYON BÜZÜLMESİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER. In *Cumhuriyet Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 5(1), 52-57.
- ÖZ, F. D., ERGİN, E., ÇAKİR, F. Y., & GURGAN, S. (2020). Clinical evaluation of a self-adhering flowable resin composite in minimally invasive class 1 cavities: 5-year results

- of a double blind randomized, controlled clinical trial. *Acta Stomatologica Croatica*, 54(1), 10–21.
- ÖZDOĞAN, A., AKYIL, M. Ş., & DUYMUŞ, Z. Y. (2018). Evaluating the microleakage between dentin and composite materials. *Dental and Medical Problems*, 55(3), 261–265.
- ÖZEL BEKTAŞ, O., EREN, D., AKİN, E. G., & AKİN, H. (2013). Evaluation of a self-Adhering flowable composite in terms of micro-shear bond strength and microleakage. *Acta Odontologica Scandinavica*, 71(3–4), 541–546.
- ÖZER, S., SEN TUNC, E., TULOGLU, N., & BAYRAK, S. (2014). Solubility of two resin composites in different mouthrinses. *BioMed Research International*, (3-4), 580675.
- ÖZKUL, S., & KÜÇÜKEŞMEN, Ç. (2012). Adezivler: Genel İlkeler ve Tekniğin Son Durumu. *Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1(3), 164–168.
- PALLESEN, U., & VAN DIJKEN, J. W. V. (2015). A randomized controlled 30 years follow up of three conventional resin composites in Class II restorations. *Dental Materials*, 31(10), 1232–1244.
- PALLESEN, U., & QVIST, V. (2003). Composite resin fillings and inlays. An 11-year evaluation. *Clinical Oral Investigations*, 7(2), 71–79.
- PAMİR, T., & TÜRKÜN, M. (2005). Factors affecting microleakage of a packable resin composite: An in vitro study. *Operative Dentistry*, 30(3), 338–345.
- PARK, J., CHANG, J., FERRACANE, J., & LEE, I. B. (2008). How should composite be layered to reduce shrinkage stress: Incremental or bulk filling? *Dental Materials*, 24(11), 1501–1505.
- PASHLEY, E. L., COMER, R. W., SİMPSON, M. D., HORNER, J. A., PASHELY, D. H., & CAUGHMAN, W. F. (1992). Dentin permeability: sealing the dentin in crown preparations. *Operative Dentistry*, 17(1), 13–20.
- 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. *Journal of Dentistry*, 30(2–3), 83–90.
- PAZİNATTO, F. B., CAMPOS, B. B., COSTA, L. C., & ATTA, M. T. (2003). Effect of the number of thermocycles on microleakage of resin composite restorations. *Brazilian Oral Research*, 17(4), 337–341.

- PERDÍGÃO, J., LOPES, M. M., & GOMES, G. (2008). In Vitro Bonding Performance of Self-etch Adhesives: II—Ultramorphological Evaluation. *Operative Dentistry*, 33(5), 534–549.
- PERDÍGÃO, J., SEZÍNANDO, A., & MONTEIRO, P. C. (2012). Laboratory bonding ability of a multi-purpose dentin adhesive . *American Journal of Dentistry*, 25(3), 153–158.
- PERDÍGÃO, JORGE. (2010). Dentin bonding-Variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dental Materials*, 26(2), 24-37.
- PEŞKERSOY, C., YILDIRIM, G., ÖZATA, F., & ÖNAL, B. (2013). Üç Farklı Akışkan Kompozitın Ve Bir Kendinden Adezivlı Akışkan Kompozitın Sınıf V Restorasyonlardaki Mikrosızıntı Değerlerinin İn-Vitro Olarak İncelenmesi. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 34(2), 99-104.
- PEUMANS M, DE MUNCK J, VAN LANDUYT K, LAMBRECHTS P, VAN MEERBEEK B (2007). Five-year clinical effectiveness of a two-step self-etching adhesive. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 9, 7-10.
- PRADELLE-PLASSE, N., WENGER, F., PİCARD, B., & COLON, P. (2004). Evaluation of microleakage of composite resin restorations by an electrochemical technique: the impedance methodology. *Dental Materials*, 20(5), 425–434.
- PİCK, B., PELKA, M., BELLİ, R., BRAGA, R. R., & LOHBAUER, U. (2011). Tailoring of physical properties in highly filled experimental nanohybrid resin composites. *Dental Materials*, 27(7), 664–669.
- POMPEU, J. G. F., MORAİS, R. C., & FERREIRA, T. O. (2016). Occlusal stamp technique for direct resin composite restoration: a clinical case report | *International Journal of Recent Scientific Research*. 7(7), 12427-12430.
- POSKUS, L. T., PLACIDO, E., & CAEDOSO, P. E. C. (2004). Influence of adhesive system and placement technique on microleakage of resin-based composite restorations. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 6(3), 227–232.
- POSS S (2010). Utilization of a new self-adhering flowable composite resin. *Dentistry Today*, 29(4), 104–105.
- RASKİN, A., D’HOORE, W. D., GONTHİER, S., DEGRANGE, M., & DEJOU, J. (2001). Reliability of in vitro microleakage tests: a literature review. *The Journal of Adhesive*

Dentistry, 3(4), 295–308.

- RASKIN, A., VREVEN, J., & DEJOU, J. (2003). Influence of the number of sections on reliability of in vitro microleakage evaluations. *American Journal of Dentistry*, 16(3), 207–210.
- RICKETTS, D., KIDD, E., WEERHEIJM, K., & DE SOET, H. (1997). Hidden caries: What is it? Does it exist? Does it matter? *International Dental Journal*, 47(5), 259–265.
- ROGGENDORF, M. J., KRÄMER, N., APPELT, A., NAUMANN, M., & FRANKENBERGER, R. (2011). Marginal quality of flowable 4-mm base vs. Conventionally layered resin composite. *Journal of Dentistry*, 39(10), 643–647.
- RUEGGERBERG, F. A. (2011). State-of-the-art: Dental photocuring - A review. *Dental Materials*, 27(1), 39–52.
- RUSCHEL, V. C., BARATIERI, L. N., MONTEIRO, S., & DE ANDRADA, M. A. C. (2014). Silorane adhesive system: A case report. *Journal of the Canadian Dental Association*, 80,4.
- SAKAGUCHI, R. L., WILTBANK, B. D., & MURCHISON, C. F. (2004). Contraction force rate of polymer composites is linearly correlated with irradiance. *Dental Materials*, 20(4), 402–407.
- SAKAGUCHI, R., & POWERS, J. (2012). *Craig's Restorative Dental Materials*. New York: Mosby Elsevier. 13rd Edition.
- SAKU, S., KOTAKE, H., SCUGALL-VILCHIS, R. J., OHASHI, S., HOTTA, M., HORIUCHI, S., YAMAMOTO, K. (2010). Antibacterial activity of composite resin with glass-ionomer filler particles. *Dental Materials Journal*, 29(2), 193–198.
- SCOTTI, N., COMBA, A., GAMBINO, A., PAOLINO, D. S., ALOVISI, M., PASQUALINI, D., & BERUTTI, E. (2014). Microleakage at enamel and dentin margins with a bulk fills flowable resin. *European Journal of Dentistry*, 8(1), 1–8.
- SHIMAZU, K., OGATA, K., & KARIBE, H. (2011). Evaluation of the ion-releasing and recharging abilities of a resin-based fissure sealant containing S-PRG filler. *Dental Materials Journal*, 30(6), 923–927.
- SHORTALL, A. C. (2005). How light source and product shade influence cure depth for a contemporary composite. *Journal of Oral Rehabilitation*, 32(12), 906–911.

- SİDERİDOU, I., TSERKİ, V., & PAPANASTASIOU, G. (2003). Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*, 24(4), 655–665.
- SİDERİDOU, I., TSERKİ, V., & PAPANASTASIOU, G. (2002). Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*, 23(8), 1819–1829.
- SUDHAPALLI, S., SUDHAPALLI, S., RAZDAN, R., SINGH, V., & BHASIN, A. (2018). A comparative evaluation of microleakage among newer composite materials: An in vitro Study. *Contemporary Clinical Dentistry*, 9(4), 587–591.
- SUNBUL, H. AL, SİLİKAS, N., & WATTS, D. C. (2015). Resin-based composites show similar kinetic profiles for dimensional change and recovery with solvent storage. *Dental Materials*, 31(10), 201–217.
- SUNDFELD, R. H., VALENTINO, T. A., SVERSUT DE ALEXANDRE, R., BRISO, A. L. F., & SUNDEFELD, M. L. M. M. (2005). Hybrid layer thickness and resin tag length of a self-etching adhesive bonded to sound dentin. *Journal of Dentistry*, 33(8), 675–681.
- ŞEŞEN USLU, Y. (2020). Dental Adezivler, Adezivlerin Sınıflandırılması ve Universal Adezivler/ Bölüm 8. In *Güncel Endodonti ve Restoratif Çalışmaları*, 95–110.
- TAGTEKİN, D. A., YANIKOĞLU, F. C., BOZKURT, F. O., KOLOĞLU, B., & SUR, H. (2004). Selected characteristics of anOrmocer and a conventional hybrid resin composite. *Dental Materials*, 20(5), 487–497.
- TAY, F R, KİNG, N. M., CHAN, K., & PASHLEY, D. H. (2002). How can nanoleakage occur in self-etching adhesive systems that demineralize and infiltrate simultaneously? . *The Journal of Adhesive Dentistry*, 4(4), 255–269.
- TAY, FRANKLİN R., & PASHLEY, D. H. (2003, December 1). Have dentin adhesives become too hydrophilic? *Journal (Canadian Dental Association)*, 69(11), 726–731.
- TANTBİROJN, D., VERSLUIS, A., PINTADO, M. R., DELONG, R., & DOUGLAS, W. H. (2004). Tooth deformation patterns in molars after composite restoration. *Dental Materials*, 20(6), 535–542.
- TAYLOR, M. J., & LYNCH, E. (1992). Microleakage. *Journal of Dentistry*, 20(1), 3–10.
- TİAN, F., ZHOU, L., ZHANG, Z., NİU, L., ZHANG, L., CHEN, C., TAY, F. R. (2016).

- Paucity of nanolayering in resin-dentin interfaces of MDP-based adhesives. *Journal of Dental Research*, 95(4), 380–387.
- TİLBROOK, D. A., CLARKE, R. L., HOWLE, N. E., & BRADEN, M. (2000). Photocurable epoxy-polyol matrices for use in dental composites I. *Biomaterials*, 21(17), 1743–1753.
- TJAN, A. H. L., BERGH, B. H., & LİDNER, C. (1992). Effect of various incremental techniques on the marginal adaptation of class II composite resin restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 67(1), 62–66.
- TREDWİN, 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 - PubMed. *Oper Dent.*, 30(1), 32–38.
- TYAS, M. J., & BURROW, M. F. (2004). Adhesive restorative materials: A review. *Australian Dental Journal*, 49(3), 112–121.
- TURSSİ, C. P., HARA, A. T., SERRA, M. C., & RODRİGUES, A. L. (2002). Effect of storage media upon the surface micromorphology of resin-based restorative materials. *Journal of Oral Rehabilitation*, 29(9), 864–871.
- TÜFEK, E., & AYNA, B. (2018). Dış Hekimliğinde Adeziv Sistemler. *Atatürk Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 26(1), 340–349.
- TÜRKÜN, Ş., & ERGÜCÜ, Z. (2004a). Estetik restoratif materyallerin mikrosızıntı çalışmalarında kullanılan gereç ve yöntemlerin karşılaştırılması. *Gazi Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 21(2), 143–151.
- ULUAKAY, M., İNAN, H., YAMANEL, K., & ARHUN, N. (2011). Kompozit Rezinler Ve Polimerizasyon Büzülmesi Resin Composites And Polymerization Shrinkage. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 5(2), 895–902.
- UZEL, İ., KURU, R., & EDEN, E. (2017). The Effect of Different Application Procedures on Microleakage and Microhardness of a Bulk-Fill Composite Material. *Journal of Ege University School of Dentistry*, 38(1), 48–53.
- ÜŞÜMEZ, A., ÇOBANKARA, F. K., ÖZTURK, N., ESKİTAŞÇIOĞLU, G., & BELLİ, S. (2004). Microleakage of endodontically treated teeth with different dowel systems. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 92(2), 163–169.
- XİAO, Y. H., CHEN, J. H., FANG, M., XİNG, X. D., WANG, H., WANG, Y. J., & Lİ, F.

- (2008). Antibacterial effects of three experimental quaternary ammonium salt (QAS) monomers on bacteria associated with oral infections. *Journal of Oral Science*, 50(3), 323–327.
- VAIDYANATHAN, T. K., & VAIDYANATHAN, J. (2009). Recent advances in the theory and mechanism of adhesive resin bonding to dentin: A critical review. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 88(2), 558–578.
- VAN DIJKEN, J. W. V., & SUNNEGÅRDH-GRÖNBERG, K. (2006). Fiber-reinforced packable resin composites in Class II cavities. *Journal of Dentistry*, 34(10), 763–769.
- VAN ENDE, A., DE MUNCK, J., LISE, D. P., & VAN MEERBEEK, B. (2017). Bulk-fill composites: A review of the current literature. *Journal of Adhesive Dentistry*, 19(2), 95–109.
- VAN ENDE, A., DE MUNCK, J., VAN LANDUYT, K. L., POITEVIN, A., PEUMANS, M., & VAN MEERBEEK, B. (2013). Bulk-filling of high C-factor posterior cavities: Effect on adhesion to cavity-bottom dentin. *Dental Materials*, 29(3), 269–277.
- VAN LANDUYT, K. L., DE MUNCK, J., SNAUWAERT, J., COUTINHO, E., POITEVIN, A., YOSHIDA, Y., ... VAN MEERBEEK, B. (2005). Monomer-solvent phase separation in one-step self-etch adhesives. *Journal of Dental Research*, 84(2), 183–188.
- VAN LANDUYT, K. L., KANUMILLI, P., DE MUNCK, J., PEUMANS, M., LAMBRECHTS, P., & VAN MEERBEEK, B. (2006). Bond strength of a mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching. *Journal of Dentistry*, 34(1), 77–85.
- VAN MEERBEEK, B., YOSHIMURA, K., YOSHIDA, Y., MINE, A., DE MUNCK, J., & VAN LANDUYT, K. L. (2011). State of the art of self-etch adhesives. *Dental Materials*, 27(1), 17–28.
- VAN MEERBEEK, B., MUNCK, J. DE, YOSHIDA, Y., INOUE, S., VARGAS, M., VIJAY, P., VANHERLE, G. (2003). Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Operative Dentistry*, 28(3), 215–235.
- VAN MEERBEEK, BART, VAN LANDUYT, K., DE MUNCK, J., HASHIMOTO, M., PEUMANS, M., LAMBRECHTS, P., SUZUKI, K. (2005). Technique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dental Materials Journal*, 24(1), 1–13.
- VICHI, A., MARGVELASHVILI, M., GORACCI, C., PAPACCHINI, F., & FERRARI, M.

- (2013). Bonding and sealing ability of a new self-adhering flowable composite resin in class I restorations. *Clinical Oral Investigations*, 17(6), 1497–1506.
- VINAY, S., & SHIVANNA, V. (2010). Comparative evaluation of microleakage of fifth, sixth, and seventh generation dentin bonding agents: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*, 13(3), 136.
- WANG, Y., & SPENCER, P. (2004). Physicochemical interactions at the interfaces between self-etch adhesive systems and dentine. *Journal of Dentistry*, 32(7), 567–579.
- WEINMANN, W., THALACKER, C., & GUGGENBERGER, R. (2005). Siloranes in dental composites. *Dental Materials*, 21(1), 68–74.
- WINKLER, M. M., KATONA, T. R., & PAYDAR, N. H. (1996). Finite element stress analysis of three filling techniques for class V light-cured composite restorations. *Journal of Dental Research*, 75(7), 1477–1483.
- YAP, A., & LEE, C. M. (1997). Water sorption and solubility of resin-modified polyalkenoate cements. *Journal of Oral Rehabilitation*, 24(4), 310–314.
- YEŞİLYURT, C., & BULUCU, B. (2003). Restorasyonların Değiştirilme ve Tamir Nedenleri. *Atatürk Üniversitesi. Diş. Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 13(2), 63–75.
- YOSHIDA, Y., VANMEERBEEK, B., NAKAYAMA, Y., SNAUWAERT, J., HELLEMANS, L., LAMBRECHTS, P., WAKASA, K. (2000). Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *Journal of Dental Research*, 79(2), 709–714.
- YOUNGSON, C. C., GLYN JONES, J. C., MANOGUE, M., & SMITH, I. S. (1998). In vitro dentinal penetration by tracers used in microleakage studies. *International Endodontic Journal*, 31(2), 90–99.
- YOUNGSON, CALLUM C., GLYN JONES, J. C., FOX, K., SMITH, I. S., WOOD, D. J., & GALE, M. (1999). A fluid filtration and clearing technique to assess microleakage associated with three dentine bonding systems. *Journal of Dentistry*, 27(3), 223–233.
- YUAN, H., LI, M., GUO, B., GAO, Y., LIU, H. L., & LI, J. (2015). Evaluation of microtensile bond strength and microleakage of a self-adhering flowable composite. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 17(6), 535–543.
- ZARUBA, M., WEGEHAUPT, F. J., & ATTİN, T. (2013). Comparison between different

flow application techniques: SDR vs flowable composite. *Journal of Adhesive Dentistry*, 15(2), 115–121.

ZİMMERLİ, B., STRUB, M., JEGER, F., STADLER, O., & LUSSİ, A. (2010). Composite materials: composition, properties and clinical applications. A literature review. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 120(11), 972-86.

ZIVKOVIĆ, S., BOJOVIĆ, S., & PAVLIĆA, D. (2001). Bacterial penetration of restored cavities. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 91(3), 353–358.

ZORBA, D. Y. O., BAYINDIR, Y., YILDIZ, Y. D. (2004). Geçmişten Günümüze Dentin Bonding Ajanlar. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2004(3), 70-78.



8. EKLER

8.1. EK - 1

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ			
GİRİŞİMSSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARARI			
Toplantı Tarihi:	Toplantı Sayısı:	2020/12	Karar No: 2020.11.11
Proje Adı:	İki Farklı Teknikle Uygulanan Üç Farklı Kompozit Rezın Materyalin Mikrosızıntı Özelliklerinin İn Vitro Olarak Değerlendirilmesi		
Proje Özeti:	Multifaktöriyel ve kompleks bir hastalık olan diş çürüğü popülasyonun üçte birini etkileyen oral kavitenin majör hastalıklarından biridir. En az yetişkinler kadar çocukları da etkileyen diş çürükleri; çocuklarda yalnızca Erken Çocukluk Çağı Çürüğü olarak süt dentisyonunda değil, sık sık daimi dentisyonu da etkileyen büyük bir problem olarak pedodontide karşılaşılan sorunların başında gelmektedir. Daimi posterior dişlerin karmaşık okluzal morfolojisi bu dişlerin çürümelerini kolaylaştırıcı bir faktör olarak göze çarpmaktadır. Özellikle daimi molarlarda görülen çürükler, velilerin bu dişleri süt dişı sanması sebebiyle ihmal edilebilmekte ve erken kontrol altına alınmadığı takdirde çok daha karmaşık, uzun süren ve maliyetli tedavileri beraberinde getirmektedir. Posterior dişlerin okluzal morfolojisi, çiğneme sürecine aktif olarak katılmakta ve okluzyon açısından büyük önem taşımaktadır. Günümüzde diş sert dokusunun kaybı ile eksilen fonksiyon, estetik, biyolojik uyum ve kaybolan diş dokusunu yenilemek amacıyla biyomekanik özellikleri güçlendirilmiş ve metal ilavesiz restoratif tedavi alternatifini olan estetik materyallerden kompozit rezinler üzerine yoğunlaşmıştır. Posterior dişlerde uzun yıllardır kullanılan kompozit rezinlerle yapılan restorasyonlar, oldukça başarılı sonuçlar vermesine karşın; doğru fonksiyon ve estetik amaçlandığında oldukça zaman alıcıdır ve teknik hassasiyet gerektirmektedir. Pedodontide tedavi başarısının en önemli sınırlayıcı faktörlerinden birinin hasta kooperasyonu olduğu düşünüldüğünde; kullanılan tekniklerin ve materyallerin; başarının yanı sıra pratik bir uygulama sunması, hastanın tedavi süresini kısaltması ve hastaya konfor sağlaması çok büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada çekilmiş insan daimi molar dişlere; 'Stamp Tekniğı' ve konvansiyonel teknikle 3 farklı kompozit rezin uygulanıp, mikrosızıntı değerleri karşılaştırılacaktır. Stamp Tekniğı şeffaf polivinilsiloksan ölçü maddesi ile uygulanacaktır. Bu çalışmada restoratif materyal olarak G-aenial Universal Injectable (GC inc., Alsip, IL, ABD), Filtek™ One Bulk Fill Restoratif (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD) ve Filtek™ Ultimate Universal Restoratif (3M ESPE, St. Paul, MN, A.B.D.); şeffaf polivinilsiloksan ölçü maddesi ise Exaclear (GC inc., Alsip, IL, ABD) olarak belirlenmiştir. Yapılan Power analiziye dayanarak her grup 15 adet diş içerecek ve toplamda 90 adet restorasyon mikrosızıntı açısından değerlendirilecektir. Posterior dişlerde estetik ve morfolojiyi pratik bir şekilde sağladığı vaad edilen Stamp tekniğinin ve güncel kompozit rezin materyallerin mikrosızıntı değerlerinin incelenmesi literatüre önemli bir katkı sağlayacaktır.		
Projede Görevli Personel Bilgileri			
Adı Soyadı	Unvan	Kurumu	Projedeki Görevi
Prof. Dr. Aylin AKBAY OBA	Prof. Dr.	Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği	Proje Yürütücüsü (Sorumlu Araştırmacı)
Arş. Gör. Dr. Tanyel ÖZKAN	Arş. Gör.	Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği	Yardımcı Araştırmacı
Etik Kurul Kararı			
Adı Soyadı	Görev	İmza	
Prof. Dr. Sema ZERGEROĞLU	Başkan		
Prof. Dr. Teoman Zafer APAN	Üye	(Katılmadı)	
Prof. Dr. Sinan AYAN	Üye		
Doç. Dr. Oktay AYDIN	Üye		
Doç. Dr. Mehmet Zahit ADIŞEN	Üye		
Doç. Dr. Meral SERTEL	Üye	(Katılmadı)	
Doç. Dr. Yasin DEMİRBAŞ	Üye		
Dr. Öğr. Üyesi Funda ERDUGAN	Üye	(Katılmadı)	
Dr. Öğr. Üyesi Birhan OKTAŞ	Üye		

9. ÖZGEÇMİŞ

I. BİREYSEL BİLGİLER

Adı: Tanyel

Soyadı: ÖZKAN

Doğum Tarihi:

Doğum Yeri:

Uyruğu: TC

Medeni Hali:

E-mail:

Yabancı Dil: İngilizce

II. EĞİTİM BİLGİLERİ

2018- 2021 Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı
- Uzmanlık Eğitimi

2011- 2016 Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi - Lisans Eğitimi

2007-2011 Gölbaşı Anadolu Lisesi, ANKARA

1999-2007 Turhan Feyzioğlu İlköğretim Okulu, ANKARA

III. MESLEKİ DENEYİMİ

Mayıs 2018 - Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı
Araştırma Görevlisi

IV. ÜYE OLDUĞU BİLİMSEL KURULUŞLAR

Türk Pedodonti Derneği

V. BİLİMSEL İLGİ ALANLARI

Poster Bildirileri:

ÖZKAN TANYEL, YALÇIN ÖZGE BAHAR, AKBAY OBA AYLİN (2019). 6-15 Yaş Arası Çocuklarda Birinci Büyük Azı Dişinin Radyografik Olarak Değerlendirilmesi. 26. Uluslararası Türk Pedodonti Derneği Kongresi (Özet Bildiri / Poster)

VI. BİLİMSEL ETKİNLİKLERİ

Katıldığı Bilimsel Sempozyum ve Kongreler:

- 26. Uluslararası Türk Pedodonti Derneği Kongresi