



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**SÜT DİŞLERİNDE CAM HİBRİT RESTORATİF
MATERYALİN MARJİNAL SIZINTISININ
MİKRO-BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE
KARŞILAŞTIRMALI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Bahar ZİNCİR

**PEDODONTİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Levent ÖZER**

**ANKARA
2023**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SÜT DİŞLERİNDE CAM HİBRİT RESTORATİF
MATERYALİN MARJİNAL SIZINTISININ
MİKRO-BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE
KARŞILAŞTIRMALI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Bahar ZİNCİR

**PEDODONTİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Levent ÖZER**

**ANKARA
2023**

ETİK BEYAN

Ankara Üniversitesi

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne;

Doktora tezi olarak hazırlayıp sunduğum 'Süt Dişlerinde cam hibrit restoratif materyalin marjinal sızıntısının Mikro-Bilgisayarlı Tomografi ile Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi' başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan klinik çalışma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler ve yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Bahar ZİNCİR

Tarih :

İmza :

KABUL VE ONAY

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Pedodonti Anabilim Dalında
Bahar ZİNCİR tarafından hazırlanan
“Süt Dişlerinde Cam Hibrit Restoratif Materyalin Marjinal Sızıntısının Mikro-
Bilgisayarlı Tomografi ile Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi” adlı tez
çalışması aşağıdaki jüri tarafından DOKTORA TEZİ olarak OY BİRLİĞİ ile kabul
edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi

Jüri Başkanı

Komite Üyesi

Komite Üyesi

Üye

Üye

Tez hakkında alınan jüri kararı, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Yönetim Kurulu tarafından onaylanmıştır.

İmza

Prof. Dr. Fügen AKTAN
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Kabul ve Onay	iii
İçindekiler	iv
Önsöz	vi
Simgeler ve Kısaltmalar	vii
Şekiller	ix
Çizelgeler	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Süt Dişlerinde Kullanılan Restoratif Materyaller	2
1.1.1. Cam İyonomer Restorasyon Materyalleri	3
1.1.1.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar	5
1.1.1.2. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar	7
1.1.1.2.1. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlardaki Gelişmeler	9
1.1.2. Resin Modifiye Cam İyonomer Simanlar (RMCİS)	13
1.1.3. Poliasit Modifiye Kompozit Resinler (Kompomerler)	14
1.1.4. Giomerler	15
1.1.5. Cam Karbomerler	15
1.1.6. Ormoserler	16
1.1.7. Kompozit Resinler	16
1.1.8. Amalgam	18
1.2. Mikrosızıntı	19
1.2.1. Mikrosızıntı Testleri	21
1.2.1.1. Boya penetrasyon testi	21
1.2.1.2. Radyoizotoplar	22
1.2.1.3. Kimyasal Ajanlar	23
1.2.1.4. Bakteriyel Sızıntı	23
1.2.1.5. Hava Basıncı Yöntemi	24
1.2.1.6. Nötron Aktivasyon Analizi	24
1.2.1.7. Elektro-kimyasal Analiz	25
1.2.1.8. Taramalı Elektron Mikroskobu (TEM):	25
1.2.1.9. Konfokal Lazer Tarama Elektron Mikroskobu (CLSM):	25
1.2.1.10. Mikrobilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT)	26
1.3. Çiğneme Simülatörü	27
2. GEREÇ VE YÖNTEM	29
2.1. Diş Seçim Kriterleri	29
2.2. Örneklerin Toplanması ve Saklanması	30
2.3. Örneklerin Hazırlanması	30
2.4. Restorasyonların Uygulanma Aşaması	31
2.5. Dinamik Yükleme	34
2.6. Mikrosızıntının Değerlendirilmesi	34
2.7. İstatistiksel Analiz	39

3. BULGULAR	40
4. TARTIŞMA	45
5. SONUÇLAR	61
ÖZET	63
ABSTRACT	64
KAYNAKLAR	65
EKLER	82
Ek-1. Etik Kurul Kararı	82
Ek-2. Onam Formları	86
ÖZGEÇMİŞ	87



ÖNSÖZ

Doktora eğitim sürecinde ve tez aşamasında büyük bir sabır ve özveri ile her zaman yanımda olan, anlayış ve hoşgörüsünü benden hiçbir zaman esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Levent Özer'e, mesleki tecrübelerinden yararlanmaktan gurur duyduğum, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı Öğretim Üyelerine, akademik bilgilerini ve yardımlarını her zaman paylaşan Prof. Dr. Tuğba Bezgin ve Doç. Dr. Akif Demirel hocalarıma, beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum tüm asistan arkadaşlarım ve kürsü personeline, tez çalışmamın örneklerinin mikro-BT ile taranması ve incelenmesi aşamasındaki ilgi ve emeklerinden dolayı Prof. Dr. Kaan Orhan'a, Prof. Dr. Burak Bilecenoğlu'na ve Dr. Öğr. Üyesi Arda Büyüksungur'a, bu süreçte desteklerini ve yardımlarını her zaman hissettiren Dr. Dt. Begüm Okur ve Dr. Dt. Duygu Sipahi'ye, yanımda olan tüm arkadaşlarıma, bugünlere gelebilmem için karşılıksız sevgileriyle her türlü özveri ve fedakarlığı gösteren, hayatım boyunca her konuda ve attığım her adımda bana duydukları güveni hissettiren, teşekkürlerin yetersiz kalacağı canım annem, babam ve ablama sevgi, saygı ve tüm içtenliğimle teşekkürlerimi sunarım.

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
<	Küçüktür
>	Büyüktür
Ag	Gümüş iyonu
ART	Atravmatik restoratif tedavi
ASPA	Alüminosilikat poliakrilik asit
CİS	Cam iyonomer siman
CLSM	Konfokal lazer tarama elektron mikroskobu
cm	Santimetre
dk	Dakika
Equia	Easy quick intelligent aesthetic
GCİS	Geleneksel cam iyonomer siman
HEMA	Hidroksietil metakrilat
Hz	Hertz
LED	Light emitting diode
MIH	Büyük ağı keser hipomineralizasyonu
Mikro-BT	Mikro Bilgisayarlı tomografi
mm	Milimetre
Mn	Manganez
mW	Miliwatt
N	Newton
Nm	Nanometre
ort	Ortalama
sn	Saniye
TEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TME	Temporomandibuler eklem
pH	Power of hydrogen
RMCİS	Rezin modifiye cam iyonomer siman

Ss	Standart sapma
YVCİS	Yüksek viskoziteli cam iyonomer siman
μm	Mikrometre



ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Yumuşak doku artıklarının el aletleriyle temizlendikten sonra dişlerin bukkal (a) ve lingual (b) yüzeylerinin stereomikroskop görüntüsü.	30
Şekil 2.2. Örneklerin bukkal (a) ve lingual (b) yüzeylerinde kavitelerin hazırlanma aşaması.	31
Şekil 2.3. Equia Forte HT cavity conditioner, Equia Forte HT kapsül ve Equia Forte Coat (GC Corp, Tokyo, Japan).	32
Şekil 2.4. Sofleks diskler (3M ESPE, St Paul, MN, USA).	32
Şekil 2.5. Dişlerin bukkal (a) ve lingual (b) yüzeylerine uygulanan Equia Forte HT ve Dyract Xp restorasyonlarının görüntüsü.	33
Şekil 2.6. Örneklerin çiğneme simülatör aşaması için akrilik bloklara yerleştirilmesi.	33
Şekil 2.7. Çiğneme Simülatörü ve örneklerin yerleştirilmesi aşaması.	34
Şekil 2.8. Örneklerin tırnak cilası uygulama aşaması.	35
Şekil 2.9. Mikro-BT cihazı.	36
Şekil 2.10. Operatörler tarafından restorasyonun bukkolingual yönde orta hattından (2), orta hattın yaklaşık 1 mm mesial (3) ve distalinden (1) olmak üzere 3 ayrı bölgenin belirlenmesi.	37
Şekil 2.11. 1 (a), 2 (b) ve 3 (c) numaralı bölgelerden Mikro-BT ile elde edilen kesitsel görüntüler.	37
Şekil 2.12. Skor 0 (sızıntı yok) Mikro-BT görüntüleri.	38
Şekil 2.13. Skor 1 (kavite derinliğinin ½'si veya daha azında sızıntı var) Mikro-BT görüntüsü.	38
Şekil 2.14. Skor 2 (kavite derinliğinin ½'sini aşan sızıntı var) Mikro-BT görüntüsü.	38
Şekil 2.15. Skor 3 (kavite tabanı ve aksiyal duvarda sızıntı var) Mikro-BT görüntüsü.	39
Şekil 3.1. Kompomer ve Equia Forte HT grupları arası AgNO ₃ sızıntı yüzdesi ve AgNO ₃ sızıntı hacminin karşılaştırmaları.	41

Şekil 3.2. Equia Forte HT restoratif materyalinin dişin bukkal yüzeyindeki Mikro-BT görüntüleri (a,b), aynı örnekte sızıntı bulgusu olarak tespit edilen AgNO ₃ hacminin görüntüsü (c).	41
Şekil 3.3. Kompomer materyalinin dişin lingual yüzeyindeki Mikro-BT görüntüleri (d,e), aynı örnekte sızıntı bulgusu olarak tespit edilen AgNO ₃ hacminin görüntüsü (f).	42
Şekil 3.4. Gingival sızıntı skoru için kompomer ve Equia Forte HT arası karşılaştırmalar.	43
Şekil 3.5. Oklüzal sızıntı skoru için kompomer ve Equia Forte HT arası karşılaştırmalar.	44

ÇİZELGELER

Çizelge 1.1. CİS'ların uygulama şekillerine göre sınıflandırılması.	4
Çizelge 1.2. Cam iyonomer simanların sınıflandırılması.	5
Çizelge 3.1. Kompomer ve Equia Forte HT arasındaki total AgNO_3 sızıntı yüzdesi ve hacmine ait istatistiksel karşılaştırma	40
Çizelge 3.2. Gingival ve oklüzal sızıntı skoru için kompomer ve Equia Forte HT arasındaki istatistiksel karşılaştırma.	42

1. GİRİŞ

Diş çürüğü, diş biyofilmindeki mikroorganizma popülasyonunun ekolojik olarak dengeli bir durumdan, fermente edilebilir karbonhidratların sık tüketilmesiyle gelişen asidojenik, asidürik ve karyojenik mikrobiyolojik popülasyona kaymasıdır (Schwendicke ve ark., 2016). Organik asitlerin ortaya çıkması sonucunda, nötr haldeki pH (7,0), kritik değerin (5,5) altına inerek dişin mineral yapısından kalsiyum ve fosfatın serbest hale gelmesine sebep olur. Bu çözünmeye demineralizasyon adı verilir. Kavitasyon oluşmamış bir lezyonda flor, fosfat ve kalsiyumun mine dokusuna difüze olması ise remineralizasyon olarak adlandırılır. Demineralizasyon ve remineralizasyon dengesinin bozulması durumunda diş yüzeyinden mineraller uzaklaşır, çürük ilerleyerek kavitasyon meydana gelir (Featherstone, 2004; Fejerskov, 2004).

Süt dişleri, gerek anatomisi, gerekse düz ara yüzey kontak alanları ve geniş fissürlere sahip oklüzal yüzeyleriyle çürüğe fazlasıyla yatkındır (Pinkham, 2005). Bu nedenlerden dolayı diş çürüğü süt dişlerinde doku kaybına yol açan en yaygın sebeptir. Çocuklarda süt dişi çürükleri, günümüzde koruyucu ve önleyici tedavilerdeki gelişmelere rağmen hala sıklıkla görülmektedir (Aktaş ve ark., 2018).

Günümüz diş hekimliğinde, süt dişlerine koruyucu tedaviler uygulanarak normal sürme sürecine katkı sağlanmaktadır. Süt dişi restoratif tedavileri; diş dokusunun yapısal bütünlüğünün korunması, doku kaybı sebebiyle oluşacak migrasyonun önüne geçilmesi, kavitasyon meydana gelen dişlerde çürük lezyonlarının tedavi edilmesi ve dişin fonksiyonel olarak ağızda tutulması amacıyla yapılmaktadır. Tedavi edilmeyen süt dişleri, estetik, fonksiyon ve fonasyon kaybına yol açmaktadır. Süt dişlerinde aproksimal yüzey çürüğü veya erken diş kaybı sebebiyle ark boyutundaki azalma sonucu; dişlerde çapraşıklıklar, oklüzal stabilizasyon bozuklukları, temporomandibuler eklem (TME) bozuklukları oluşmakta ve ortodontik tedavi ihtiyacı doğmaktadır (Alkarimi ve ark., 2014; De Oliveira ve ark., 2014; Witter ve ark., 2001). Bu sebeplerden dolayı süt dişlenme

döneminde olası yer kaybının önüne geçilmesi, mevcut dişlerin ağızda sağlıklı bir şekilde tutulması, çürük gelişmesi durumunda da uzun kullanım süresine sahip, teknik hassasiyeti olmayan materyallerle süt dişlerinin restore edilmesi büyük önem taşımaktadır.

1.1. Süt Dişlerinde Kullanılan Restoratif Materyaller

Süt dişi restoratif materyalleri, çiğneme kuvvetlerini kompanse edebilecek dayanıklılıkta, konservatif kavite prensiplerinde kullanıma uygun, dişin yapısal bütünlüğünü koruyacak özelliklere sahip olmalıdır. Bu amaçla geliştirilen süt dişi restoratif materyalleri; diş dokularıyla biyolojik uyumunu korumalı, ideal adeziv özelliklere sahip olmalı, dayanıklı ve estetik olmalıdır (Anusavice ve ark., 2012). Süt dişlerine uygulanan restorasyonların ömrü; restoratif materyallerin özellikleri, klinisyenin tecrübesi ve hastanın uyumu gibi birçok faktöre bağlıdır (Demarco ve ark., 2012; Van de Sande ve ark., 2016). Pediatrik hastalarda sınırlayıcı bir faktör olan kooperasyon gereksiniminden dolayı, pratik uygulanabilir restoratif materyaller öncelikli olarak tercih edilmektedir (Andersson-Wenckert ve Sunnegårdh-Grönberg, 2006).

Çocuklarda kullanılan restoratif materyallerin fiziksel, mekanik ve estetik özelliklerinin geliştirilmesi ile farklı materyaller de ortaya çıkmaktadır. Süt dişlerinde başlıca kullanılan restoratif materyaller; poliasit modifiye kompozit rezinler (kompomer), rezin modifiye cam iyonomer simanlar, cam iyonomer simanlar, amalgamlar ve kompozitlerdir. Günümüzde tüm bu materyaller, çocuğun yaşına, kooperasyonuna, kavitenin şekline bağlı olarak klinikte kullanılmaya devam edilmektedir (Alyahya ve ark., 2018). Daha önceden restoratif materyallerin bir kısmı özel kavite prensiplerine ihtiyaç duyarken; günümüzde minimal invaziv diş hekimliğinin popüler hale gelmesi ile mevcut diş yapısının mümkün olduğunca korunarak restorasyonun tamamlanması ve uzun dönem ağız içerisinde fonksiyonunu sürdürmesi önem kazanmıştır. Seçilen restoratif materyalin estetik açıdan tatmin edici olması, güçlü fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olması, bununla birlikte

remineralizasyonu da sağlaması beklenmektedir. Dolayısıyla son yıllarda cam iyonomer içerikli restoratif materyaller ile ilgili çalışmalar daha da yoğunluk kazanmıştır (Kanık ve Türkün, 2016; Lohbauer, 2009; Sidhu, 2011).

1.1.1. Cam İyonomer Restorasyon Materyalleri

Cam iyonomer simanlar (CİS), florid salımı yapan, silikat siman ile diş dokusuna adezyon özelliği gösteren poliakrilik asidin birleştirilmesi ile üretilmiştir (Brito ve ark., 2010). Wilson ve Kent tarafından 1971 yılında alüminosilikat poliakrilik asit (ASPA) adı altında, çinko polikarboksilat ve silikat içerikli cam iyonomer simanlar üretilmiştir (Wilson ve Kent, 1971). ASPA adı ile tanıtılan materyalin ‘G200’ olarak adlandırılan tozu, bazik floroalüminosilikat taneciklerinden oluşmaktadır. ‘G200’ tozu yüksek oranda florür ve kalsiyum içeriğine sahiptir. Likidi de aköz poliakrilik asit içerir. Klinikte kullanılan ilk cam iyonomer siman olan ASPA, sertleşme süresinin uzun olması, manipülasyon zorluğu ve estetik olmamasından dolayı kullanışsız bulunmuştur (Wilson, 1996).

ASPA II, ASPA I’e tartarik asit ilave edilmiş yeni formudur (McLean ve Wilson, 1974). ASPA II, mekanik ve estetik açıdan geliştirilerek metanol ilavesi ile ASPA III üretilmiştir. Sonrasında itakonik asit ve akrilik asit ilavesi ile ASPA IV üretilmiştir (Crisp ve ark., 1980; Crisp ve ark., 1976).

ASPA adı ile üretilen simanlar daha sonra ‘Cam İyonomer Siman’ adını almıştır. Cam iyonomer simanların adezyonunu arttırmak için diş yüzeyine zayıf asitler uygulanmıştır. Bu uygulama ile debrislerin uzaklaştırılarak cam iyonomer simanların temiz bir diş yüzeyine uygulanmasının adezyonu arttıracakı öne sürülmüştür (Lacefield ve ark., 1985).

Günümüz diş hekimliği uygulamalarında adeziv tekniklerde gelişmeler yaşanmış, sağlıklı diş dokularını korumaya yönelik restoratif materyallerin kullanımı tercih edilir hale gelmiştir. Diş dokusunun korunarak minimal invaziv yaklaşım ile

yumuşak ve denatüre çürüğün uzaklaştırılıp, remizeralizasyon potansiyeli olan CİS gibi materyaller ile restorasyonları da popüler hale gelmiştir (Kanık ve ark., 2016).

Cam iyonomer simanlar, günümüzde geçici veya daimi restoratif materyal olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Dişe kimyasal bağlanması, biyouyumlu olması, flor salımı yapması, remineralizasyonda etkili Ca^{+2} ve PO_4^{-3} gibi iyonları serbest bırakması gibi özellikleri; cam iyonomer simanların koruyucu diş hekimliğinde geniş bir kullanım alanı bulmasına sebep olmuştur (De Sousa AFM, 2017).

Cam iyonomer simanlar, sertleşme reaksiyonunun tamamı veya çoğunluğu asit-baz reaksiyonundan oluşan, flor rezervuarı olup devamlı flor salımı yapabilen restoratif materyallerdir. Bu tanımlamaya bağlı olarak CİS'lar uygulama şekilleri açısından Çizelge 1.1'deki gibi sınıflandırılmıştır (Mount, 2002).

Çizelge 1.1. CİS'ların uygulama şekillerine göre sınıflandırılması.

Tip I	Kuron, köprü ve braketlerin yapıştırılmasında kullanılan simanlar
Tip II	Restoratif simanlar
Tip III	Kaide materyali ve pit ve fissür örtücü
Tip IV	Kanal dolgu patı

Bu dört grup cam iyonomerin kimyasal yapıları aynı olup fonksiyonel farklılıklardan dolayı simanın toz-likit oranında ve toz partikül boyutlarında modifikasyonlar yapılmıştır. CİS'lar içeriklerine göre Çizelge 1.2'deki gibi beş farklı sınıfta toplanabilirler.

Çizelge 1.2. Cam iyonomer simanların sınıflandırılması.

I.	Geleneksel cam iyonomer simanlar
II.	Hibrit cam iyonomer simanlar a) Rezin modifiye cam iyonomer simanlar b) Poliasit modifiye kompozit rezinler
III.	Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar
IV.	Giomerler
V.	Nano-iyonomerler

1.1.1.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar

Geleneksel cam iyonomer siman (GCİS), silikat simanlar ile polikarboksilat simanların özelliklerinin bir araya getirilmesi ile elde edilmiştir. Böylelikle materyal florid salımı, translüsensi, diş dokusuna kimyasal adezyon yapması ve biyouyumluluk özelliklerini taşımaktadır (Çapan ve Akyüz, 2016a). Simanların toz kısmı; floroalüminosilikat, kalsiyum, flor, fosfat içerirken, likit kısmı; tartarik asit, poliakrilik asit, itakonik asit ve maleik asit içerebilmektedir (Lohbauer, 2010; Najeeb ve ark., 2016). Materyalin radyoopasitesi için stronsiyum ve baryum tuzları eklenmiştir (Najeeb ve ark., 2016).

Cam iyonomer simanlar diş dokusu ve tükürük ile iyon alışverişi yapabilen ilk biyoaktif restoratif materyallerdir (Mickenausch ve ark., 2011). CİS'ların, nemli ortamda 20 °C ila 50 °C arasında az da olsa boyutsal değişikliğe uğradığı bildirilmiştir. Ortam ısısının artışıyla, yüzeyde sıvı akışının arttığı, su kaybının meydana gelmesi sonucu materyalde büzülme gerçekleştiği tespit edilmiştir. CİS'in bu şekilde sıvı geçirgenliği, dentin tübüllerindeki sıvı akışına benzemektedir. CİS bu özelliği sayesinde, iyi bir marjinal adaptasyon sağladığı için mikrosızıntının önüne geçilmesi açısından umut vaat etmektedir. CİS'lar florid salınımı yapmaları ve floridler ile yeniden yüklenebilme özellikleriyle diş hekimliğinde kullanılan diğer restoratif materyallerden ayrılmaktadır (Jain ve ark., 2017).

CİS'ların sertleşme reaksiyonları şelasyon ve maturasyon fazları olarak iki aşamada tamamlanmaktadır (Kleverlaan ve ark., 2004).

Cam iyonomer simanlar, iyon değişim özelliği ile dişin tabakalarına adezyon sağlamaktadır (Mickenausch ve ark., 2011). Adezyonun ilk aşamasında; poliakrilik asit dentin yüzeyinde bir demineralizasyon oluşturur ve kolajen fibrillerinde hibridizasyon gerçekleşerek mekanik bir kilitlenme meydana gelir. Adezyonun ikinci aşamasında; poliakrilat iyonlarıyla, hidroksiapatit yapısında bulunan kalsiyum ve fosfor iyonları yer değiştirip kimyasal bağ oluştururlar (Davidson CL, 1999). Kovalent bağlarla bağlanmış çok sayıda adeziv grup kimyasal bağları oluşturmaktadır. Bu bağlardan herhangi birinin tek başına kesilmesi adezyonda başarısızlık yaratmamaktadır. Bu bağlanma dinamik bir yapıya sahip olup, diğer bağlar sağlam olduğu sürece kovalent bağlarda kopmalar olsa dahi tekrar oluşturulabilirler (McLean ve Wilson, 1977).

CİS'lar mine ve dentine adeziv sistemlere ihtiyaç duymaksızın bağlanabilme, florür salınımı sayesinde uzun dönem antikaryojenik özellik gösterme, flor solüsyonları ile yeniden yüklenebilme, düşük toksisite gösterip biyouyumlu olma ve diş dokuları ile benzer termal genleşmeye sahip olması gibi avantajlara sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı 'biyoaktif' materyaller olarak değerlendirilirler. Bununla birlikte GCİS'ların; düşük kırılma dayanıklılığı, düşük aşınma direnci, sertleşme sırasında neme hassasiyeti, manipülasyon zorluğu ve estetik özelliklerinin yetersiz olması gibi bazı dezavantajları da sayılabilir (Ilie ve ark., 2012; Lohbauer, 2009; Markovic ve ark., 2008; Sidhu, 2011).

Zayıf mekanik ve fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla GCİS içeriklerinde bazı değişiklikler yapılmıştır. Sertleşmenin ilk aşamalarında ısı uygulayarak reaksiyonun hızlandırılması, daha estetik bir görünüm elde edilmesi, fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla partikül boyutunun küçültülmesi, dehidratasyonu önlemek ve nem dengesini korumak amacıyla yüzey örtücü uygulanması gibi çeşitli yöntemler denenmiştir. Günümüzde de cam iyonomer

simanların geliştirilmesi konusunda çalışmalar devam etmektedir (Berg ve Croll, 2015; Marquazan ve ark., 2010).

1.1.1.2. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar

GCİS'ların çiğneme kuvvetlerinin aktif olduğu bölgelerde kullanımını sağlamak, mekanik özelliklerini geliştirmek amacıyla materyalin toz-likit oranı artırılarak, partikül boyutları değiştirilerek yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (YVCİS)'lar elde edilmiştir (Crowley ve ark., 2006; Nagaraja Upadhy ve Kishore, 2005). 'Kondanse edilebilir cam iyonomer simanlar' olarak da adlandırılan materyaller, sertleşme reaksiyonları, florür salınımı yapabilmeleri ve biyouyumlulukları ile GCİS'lara benzemektedirler. YVCİS'larda toz-likit oranı 6:1 ya da 7:1 oranında artırılmıştır (Ergin ve ark., 2014; Fleming ve ark., 2006; Kanık ve ark., 2016).

YVCİS'larda sertleşme reaksiyonları, GCİS'lar gibi asit-baz reaksiyonu ile olup kısa sürede tamamlanmaktadır. YVCİS'ların erken dönemde nemden etkilenme ihtimalleri azalacağından fiziksel özellikleri negatif yönde etkilenmeyecektir. Bununla birlikte materyallerin ağız sıvılarında çözünürlüğü de azaltılmıştır (Nagaraja Upadhy ve ark., 2005).

Cam iyonomerlerin mekanik özelliklerini mikro yapıları belirler. Partikül büyüklüğü ya da porozite dağılımı, cam iyonomerlerin dayanıklılığını etkilemektedir (Guggenberger ve ark., 1998; Xie ve ark., 2000). Cam ve likidin içeriği, toz/likit oranı, karıştırma şekli (el ile, rotasyonlu veya vibrasyonlu aletlerle) simanın mekanik özelliklerini etkilemektedir (Fleming ve ark., 2006; Xie ve ark., 2000). Özellikle karıştırma yöntemine bağlı olarak porozite meydana gelmektedir. Simanların artan viskozitesine bağlı olarak yapısında porozite görülme oranının yükseldiği ve simanın dayanımının azaldığı bildirilmektedir (Jørgensen ve ark., 1969). Nomoto ve ark. (2004), CİS'in viskozitesini değerlendirdikleri bir çalışmalarında, restoratif amaçla kullanılan bir cam iyonomer simanın %0,2 oranında porozite içerdiğinde

dayanıklılığının %10 oranında azaldığını, yapıştırma simanı formunda %3 oranında porozite içerdiğinde ise dayanıklılığının %50'ye varacak şekilde azaldığını tespit etmişlerdir.

Günlük kullanımda toz-likit oranının doğru ayarlanması, el ile karıştırma zorluğundan dolayı materyalin kapsül formları geliştirilmiştir. Kapsül formun kullanım kolaylığının yanı sıra yüksek toz-likit oranıyla homojen ve uygun kıvam elde edilmiş, materyalin ağızda çözünürlüğü azaltılmıştır. Buna rağmen karıştırma cihazlarının kullanımına bağlı olarak simanın yapısında porozite olduğu gözlenmiştir. Vakum altında karıştırma veya karıştırma sonrası santrifüjleme gibi yöntemler denenerek bu sorunun önüne geçilmeye çalışılmıştır (Kanık ve ark., 2016).

Bazı üretici firmalar kapsül formdaki CİS'ların rezin içerikli yüzey örtücüler ile kullanımını önermektedirler (Çelik ve Ermiş, 2011; Wang ve ark., 2006). YVCİS'larda ışıkla sertleşen yüzey örtücüsü uygulanması sonucu mikrosızıntının azaldığı, marjinal adaptasyonun arttığı tespit edilmiştir (Gorseta ve ark., 2012).

GCİS'ların mekanik ve fiziksel özelliklerinin geliştirilmesiyle elde edilen YVCİS'lar posterior diş restorasyonlarında tercih edilir hale gelmiştir (Yap ve ark., 2003). YVCİS'ların, GCİS'lardan daha yüksek aşınma direnci, basma dayanımı ve yüzey sertliğine sahip olduğu tespit edilmiştir (Shintome ve ark., 2009). YVCİS'lar, GCİS'lardan daha kolay uygulanmaktadır. Materyaller, yüksek viskoziteye sahip olması sayesinde kaviteye kondanse edilebilirler. Mine ve dentine iyi bir adezyon sağlarlar. GCİS'lar kadar olmasa da florid salınımı yapabilirler. YVCİS'lar bir yüzlü restorasyonlar, atravmatik restoratif tedaviler ve daimi diş restorasyonlarında da başarılı bulunmuştur (Zanata ve ark., 2011). YVCİS'ların süt dişi daimi restorasyonlarında kullanımı önerilmektedir (Mahoney ve ark., 2008).

Lo ve ark. (2001), süt dişlerinde YVCİS olan Fuji IX kullanarak yaptıkları ART'nin 2 yıllık başarı oranlarını sınıf I ve sınıf II restorasyonlarda sırasıyla %92 ve %75 olarak bulmuştur.

YVCİS’lardan olan GC Fuji IX, özellikle pediatrik ve geriatric hastalar için geliştirilmiş, 1990’ların sonlarında klinik uygulamaya dahil edilmiştir. Fuji IX, diş yapısına kimyasal bağlanması, tükürük etkenine karşı teknik hassasiyetinin az olması, florür salınımı yapması, aşınmaya dirençli olması, radyoopasite göstermesi gibi avantajlara sahiptir (Suresh ve Nagarathna, 2011).

1.1.1.2.1. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlardaki Gelişmeler

2007 yılında yüksek viskoziteli cam iyonomerin nanodoldurucu yüzey örtücüsü ile birlikte kullanımını öneren yeni bir restoratif sistem geliştirilmiştir (Al-Abdi ve ark., 2017). Yüzey örtücüsünün bu sisteme dahil edilmesiyle restorasyon yüzeyini erken sertleşme fazında korumak ve yüzeyde meydana gelen porozite ve çatlakları kapatmak, böylelikle restorasyonun dayanıklılığını ve aşınma direncini artırmak amaçlanmıştır (Friedl ve ark., 2011; Gürkan ve ark., 2017). Fuji IX GP Extra ve G-Coat Plus yüzey örtücüsünden oluşan bu sistem Equia (Easy Quick Unique Intelligent Aesthetic) olarak isimlendirilmiştir (Bagheri ve ark., 2013).

Bu yeni sistem yapısal bazı yeniliklerle üretilmiştir. Materyalin matriksindeki cam partiküllerinin boyutu küçültülerek fiziksel özellikleri geliştirilmiştir. Böylelikle daha sert, şırıngayla uygulanabilen, kondanse edilebilir bir materyal elde edilmiştir. Posterior bölgede kompozit rezinlere alternatif olması iddiasıyla üretilmiştir. Sınıf I, sınıf II ve sınıf V kavitelerin daimi restorasyonlarında kullanım endikasyonu sunmuştur. Sistem dahilinde kullanılan G-Coat Plus da düşük viskoziteye sahip, nanodoldurucu içerikli bir yüzey örtücüdür. Mine ve dentine bağlanabilmektedir. Cam iyonomer simanı ağız içi şartlara uygun hale gelip olgunlaşana kadar erken dönem aşınmalarından korumaktadır (Bonifácio ve ark., 2012; Diem ve ark., 2014; Sidhu, 2011).

Equia ile mikrodoldurucu hibrit kompozit olan Gradia Direct Posterior’un posterior diş restorasyonlarında kullanımının 4 yıllık randomize klinik araştırma ile 6

yıllık klinik başarısının değerlendirildiği çalışmalarda her iki materyal benzer ve başarılı bir performans göstermiştir (Gürkan ve ark., 2015; Gürkan ve ark., 2017).

Posterior dişlerde kalıcı restorasyon materyali olarak Equia'nın uygunluğunu değerlendiren bir çalışmada sınıf I, ve sınıf II kavitelere daimi restorasyon materyali olarak Equia yerleştirilmiş, 2 yılın sonunda hiçbir başarısızlık gözlenmemiş ve marjinal renklenme %1'den az bulunmuştur. Equia'nın, sınıf I ve çok büyük olmamak şartıyla sınıf II kavitelere kalıcı restorasyon materyali olarak kullanımı uygun bulunmuştur (Friedl ve ark., 2011).

Equia, dentine mikromekanik kilitlenme ile bağlanmakta, mine ve dentindeki hidroksiapatit tabakasına kimyasal adezyon sağlamaktadır (Vaid ve ark., 2015). Equia'nın tozu, %95 stronsiyum floroalüminosilikat cama eklenen reaktif parçacıklar ve %5 poliakrilik asit, likit kısmı ise %40 sulu poliakrilik asit içermektedir (Gürkan ve ark., 2017). Materyale eklenen stronsiyum radyoopasitenin artmasından sorumlu olup simanın estetik özelliklerini etkilememiştir (Sidhu ve Nicholson, 2016). Kalsiyum stronsiyumdan daha elektropozitiftir; dolayısıyla CaF_2 , SrF_2 'den daha az çözünürlüğe sahiptir. Stronsiyumun kalsiyumla yer değiştirmesi ile materyalin florid salınımı da artmıştır (Moreau ve Xu, 2010). Equia'nın yüksek florid salınımı ile komşu diş dokularını demineralizasyondan koruduğu, restore edilen dişteki demineralize dentinin remineralizasyonunu sağladığı bildirilmiştir (Roźniatowski ve ark., 2021).

2015 yılında bu sistemde yapılan yeniliklerle Equia Forte, hızlı sertleşen, estetik ve mekanik özellikleri iyileştirilmiş restoratif materyaller olarak piyasaya sunulmuştur (Miletić ve ark., 2020). Yeni sistem, yüksek dirençli cam hibrit restoratif Equia Forte Fil ve aşınmaya dayanıklı, ışıkla sertleşen bir yüzey örtücüsü Equia Forte Coat'tan oluşmaktadır. Equia Forte, GCİS yapısı içerisinde dağılmış ultra ince, yüksek oranda reaktif cam partiküllerinin eklenmesi ile üretilmiştir. Yüksek molekül ağırlıklı poliakrilik asit ilavesi sayesinde de elastisite modülü ve eğilme bükme dayanıklılığı artmış yüksek dirençli bir restoratif materyal elde edilmiştir. Yapılan yeniliklerle materyalin fiziksel özellikleri geliştirilmiş, florür salınımı ile

güçlü matriks yapısı oluşmuştur. Materyalin bitim ve polisajı tamamlandıktan sonra yüzeyine ince bir tabaka halinde uygulanan Equia Coat, %50 metil metakrilat ve %0.09 kamferokinon içeriğine sahiptir (Gürkan ve ark., 2017). Düşük viskoziteli nanodolduruculu hidrofilik yapıdaki yüzey örtücü, sertleşme sırasında materyali tükürük kontaminasyonundan korumakta, yüzeydeki çatlakları tıkamakta, poroziteyi azaltıp böylelikle sızdırmaz bir yüzey elde edilmektedir. Yüzey örtücüsü aynı zamanda simanın maturasyonu tamamlanana kadar aşınmayı azaltmakta, restorasyonun kırılma dayanımını artırmakta, estetik özelliklerini geliştirmektedir (Diem ve ark., 2014).

Equia Forte; amalgam, kompozit ve kompomer kullanımına alternatif olarak sunulmaktadır. Equia Forte'un sınıf I, stres alan ve almayan sınıf II, sınıf V restorasyonlarda, kor yapımında kullanım endikasyonları vardır. Pediatrik, geriatik ve yüksek çürük riski olan hastalar için ideal dolgu materyali olarak tanıtılmaktadır. Bununla birlikte pulpa kaplamada, materyal içeriğindeki monomerlere karşı aşırı duyarlılık öyküsü olan hastalarda kullanımı kontrendikedir. Kaviteye hızlı yerleştirilir, nemli yüzeye uyumludur, estetikdir, uzun bir kullanım ömrüne sahiptir, post-operatif hassasiyet göstermez (America GC, 2016).

Büyük azı keser hipomineralizasyonu (MIH) olan hastaların birinci daimi azı dişlerine ART (atravmatik restoratif tedavi) tekniği kullanılarak uygulanan cam hibrit restorasyon olan Equia Forte'un ağızda kalma başarısının 12 aylık değerlendirmeyle takip edildiği bir çalışmada 3 veya daha fazla yüzeye sahip kavitelerin olduğu dişler haricinde MIH'na sahip dişlerde kullanımı başarılı bulunmuştur (Grossi ve ark., 2018).

Equia Forte, daimi dişlerde olduğu gibi süt dişlerinde de kullanılmaktadır. Akça (2021), süt dişi sınıf II restorasyonlarda kompomer ve cam hibrit restoratif materyalin (Equia Forte, GC) klinik başarısını karşılaştırmış, 12 aylık takip sonrasında istatistiksel değerlendirmelere göre her iki dolgu materyalinin klinik başarısında anlamlı bir farklılık bulmamıştır.

2019 yılında Equia Forte'un partikül boyut dağılımı optimize edilerek fiziksel özelliklerinin geliştirilmesiyle Equia Forte HT üretilmiştir. Bu yeni materyalde matriks yapısı geliştirilerek eğilme ve basınç dayanımı arttırılmıştır. Bu haliyle yük binen sınıf II kavitelerde de kullanım endikasyonu sunulmuştur. Bununla birlikte cam partiküllerinin düşük kırılma indeksine sahip olması sayesinde translüsensisi arttırılmıştır. Böylelikle bu yeni materyalde daha estetik sonuçlar elde edilmiştir. Equia Forte HT uygulandıktan sonra yüzey örtücü olarak uygulanan Equia Forte Coat'un, yenilenen formülü ile yüzey sertliği %35, aşınma direnci %40 artmıştır. Equia Forte Coat kalınlığı 35 ila 40 µm kadar incedir ve Equia Forte HT restorasyonun üzerindeki gözenekleri, mikroçatlakları doldurabilir, restorasyonu çok daha güçlü hale getirebilir (GC America, 2019).

Equia Forte HT endikasyonları:

- Sınıf I restorasyonlar,
- Stres yüklü veya yüksüz sınıf II restorasyonlar (Cusp tepe noktalarından 1-1.5 mm uzak mesafede olacak şekilde),
- Geçici restorasyon materyali olarak,
- Sınıf V kavitelerde ve kök yüzey restorasyonları,
- Kor yapımı.

Spesifik olarak:

- Amalgama alternatif,
- Hipomineralize dişlerin restorasyonlarında (MIH),
- Geriatrik hastalarda,
- Pediatrik hastaların daimi restorasyonlarında,
- Yüksek çürük riski olan hastaların posterior dişlerinin restorasyonlarında kullanılmaktadır.

1.1.2. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar (RMCİS)

Geleneksel CİS'ların sertleşme süresinin uzun olması, neme hassasiyeti, mekanik özelliklerinin yetersiz olması sonucu rezinle güçlendirilmiş CİS'lar üretilmiştir (Burke ve ark., 2002). RMCİS'ların diş hekimliğinde kullanımı 1991 yılında başlamıştır (Yengopal ve ark., 2009). RMCİS'lar, içeriğinde %20 oranında rezin ile %80 oranında cam iyonomer bulundurur (Önal ve Pamir, 2005). RMCİS'ların toz kısmı floroaluminosilikat cam partikülleri içerirken, likit kısmında HEMA, metakrilat grupları, modifiye polialkenoik asitler ve %8 oranda su vardır (Torabzadeh ve ark., 2011).

İçeriğindeki rezin bileşenler sertleşmede, asit-baz reaksiyonuna ikincil bir polimerizasyon reaksiyonunun eklenmesini sağlamıştır. Işık ile aktive edilen ikincil polimerizasyon, fotokimyasal polimerizasyondur. Fotokimyasal polimerizasyon sayesinde bir matriks oluşumunu, asit-baz reaksiyonu izler, böylece materyal daha iyi sertleşerek yüksek dirence sahip olur (Kurtoğlu, 2012; Nagaraja Upadhyaya ve ark., 2005).

RMCİS'lar sertleşme reaksiyonlarının ışıkla başlaması, uzun çalışma süresi, iyi mekanik özelliklere sahip olması, estetik özelliklerinin GCİS'lardan iyi olması, diş dokularına iyi adezyon sağlaması, flor salınımı yapabilmesi gibi birçok avantaja sahiptir (Burke ve ark., 2002).

RMCİS'lar, GCİS ile karşılaştırıldığında diş dokusuna adaptasyonu, adezyonu ve estetik özellikleri daha iyi bulunmuştur. Daha uzun çalışma süresi sağlaması, artmış yüzey sertliği özellikleriyle de öne çıkmaktadır. RMCİS'lar, CİS'ların florür salınımı ve yeniden yüklenebilme özelliği, diş ile uyumlu termal genişlemeye sahip olması, biyouyumlu olması, fizikokimyasal bağlanma özelliklerini de taşımaktadır (Khoroushi ve Keshani, 2013).

1.1.3. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinler (Kompomerler)

Poliasit modifiye kompozit rezinler, 1990'ların başında kompozit rezinlerin estetik, CİS'ların florür salınımı ve diş dokusuna adezyon özelliklerinin bir araya getirilmesi amacıyla tasarlanmış, kompomer olarak adlandırılmış restoratif materyallerdir. Yapısında %30 CİS ve %70 kompozit rezin içerir. Kompomerler, düşük teknik hassasiyet gereksinimleri, uygulama kolaylığı, florür salabilmeleri, biyouyumlu olmaları, kabul edilebilir estetik özellikleri ile çocuk diş hekimliğinde tercih edilmektedir (Keleş ve ark., 2018; Nicholson, 2007).

Kompomerlerin yapısında, iki karboksil gruplu dimetakrilat monomerler, GCİS'larda bulunan flor salabilen alüminyum florosilikat, reaksiyon başlatıcılar, stabilizatörler ve pigmentler bulunur (Bala, 1998). Sertleşme reaksiyonları dual-cure şeklindedir. İlk aşamada, rezinin ışıqla polimerizasyonu sonucu monomerler arasında çapraz bağlar oluşur. İkinci aşamada polimerize olan asit monomeri tükürük (su) ile temas ederek, flor içeren cam ile reaksiyona girmesi sonucu kimyasal reaksiyon (asit-baz reaksiyonu) gerçekleşir (Ak, 2005; Önal, 2004).

Kompomerler, fiziksel ve mekanik özellikleri açısından kompozit rezinlere yakın, CİS'lardan üstündür. Kompomerlerin flor salınımı CİS'lardan düşük olup, çekme, esneme dayanımı ve aşınma direnci CİS'lardan üstündür. Rekha ve Varma (2012), kompomer ve RMCİS'in GCİS'lara oranla düşük mikrosızıntı ve yüksek bağlanma dayanımı gösterdiğini tespit etmişlerdir. Kompomerler, GCİS'lardan üstün estetik özellik sergilerler. Kompomerler, çocuk hastalarda uygulama kolaylığı ve ışıqla polimerize olmaları nedeniyle tercih edilmektedir (Jackson ve Morgan, 2000; Önal ve ark., 2005).

Klinik kullanımda kompomer restorasyonlarda dişe asit uygulanmasına gerek yoktur. Kompomerlerde genellikle primer ve adezivin tek şişede sunulduğu tek basamaklı bir bağlayıcı sistem kullanılmaktadır (Nicholson, 2007).

Kompomerler farklı renk seçenekleri ile üretilip çocuk hastalarda kullanıma uygun şekilde piyasaya sürülmüştür. Renkli kompomerlerin üretilmesiyle birlikte çocuk hastaların tedaviye motivasyonları artırılmıştır (Schäfer, 2005).

1.1.4. Giomerler

Estetik restoratif materyallerin, florür salınımı ve flor ile yeniden yüklenebilmesi, antikaryojenik olması uzun ömürlü bir klinik kullanım için önemlidir. Bu amaçla kompozitlerle cam iyonomer simanların özelliklerini bir araya getirerek ‘giomer’ isimli yeni bir hibrit materyal piyasaya sürülmüştür. Giomer ismi; ‘Glass iyonomer’ ve ‘polimer’ kelimelerinin bir araya getirilmesiyle türetilmiştir (Croll ve Nicholson, 2002).

Giomerler diş dokusuna adezyon için bağlayıcı bir sisteme ihtiyaç duyan, ışıkla sertleşen restoratif materyallerdendir. Giomer, ormoser, kompomer ve RMCİS gibi restoratif materyallerin marjinal sızdırmazlık özelliklerinin karşılaştırıldığı in-vitro bir çalışmada, giomerin mikrosızıntı gösterme oranı diğer materyallerden yüksek bulunmuştur (Yadav ve ark., 2012).

1.1.5. Cam Karbomerler

Cam karbomerler, yüksek biyoaktiviteye sahip bir çeşit geleneksel cam iyonomerdir. Hollanda’da GCP firması tarafından üretilip piyasaya sunulmuştur. Marka ismi ile literatüre ‘‘Cam Karbomer’’ olarak geçmiştir (Pameijer, 2012). Materyali CİS’den ayıran temel özelliği, flor ve hidroksiapatit ile zenginleştirilmiş cam nanopartiküller içeren organik matriksidir (Lopes ve ark., 2018). Geliştirilmiş nano boyutlarda florohidroksiapatit partikülleri sayesinde çürükten etkilenen mine ve dentin yüzeylerinde, GCİS’lara oranla daha fazla remineralizasyon kapasitesinin artırılması hedeflenmiştir (Menne-Happ ve Ilie, 2014).

Aynı zamanda nanopartiküllerdeki modifikasyon ile mineye benzeyen bir restoratif materyal yapısı elde etmek amaçlanmıştır (Şirinoğlu Çapan ve Akyüz, 2016).

1.1.6. Ormoserler

Ormoserler (organik-modifiye-seramik), kompozit materyalin rezin matriksinin seramik içerik ile güçlendirilmesi ile elde edilmiş materyallerdir (Bala ve ark., 2008). Ormoserler, aşınma direnci ve termal genleşme katsayısı ile diş dokusuna benzer olup, biyouyumlu, antikaryojenik ve estetik materyallerdir. Yüksek molekül ağırlıklı olup, organik rezin ve serbest monomer oranı minimize edilmiştir. Stabil bir matriks yapısına sahip olduğundan dolayı kompozit ve kompomerlerden daha düşük polimerizasyon büzülmesi gösterirler (AL-Harbi ve Farsi, 2007; Hickel ve ark., 1998). Ormoser, giomer, kompomer ve RMCİS materyalleri ile yapılan bir araştırmada, ormoser materyalinin mikrosızıntı değeri en düşük, marjinal sızdırmazlığı en yüksek bulunmuştur (Yadav ve ark., 2012).

1.1.7. Kompozit Rezinler

1962 yılında Rafeel Bowen; organik matriks içerisine inorganik doldurucuların ilave edilmesi ve doldurucuların organik matrikse tutunmasını sağlayan bağlayıcı kısımdan oluşan dolgu materyalini bularak günümüzde kullanılan kompozit rezinlerin temelini atmıştır (Jackson ve ark., 2000).

Organik içerik, inorganik içerik ve bağlayıcı ajan bileşenleri kompozit rezinleri oluşturur (Roberson ve ark., 2006).

Organik İçerik:

Monomerlerin birbirine bağlanmasıyla polimer bir yapı olan organik matriks meydana gelmektedir. İçerisinde monomerler, inhibitörler, polimerizasyon başlatıcılar, stabilizatörler, hızlandırıcılar bulundurmaktadır. Organik matriks, materyalin polimerizasyon derecesi ve klinik etkinliğini belirleyen kısımdır. Organik matriks miktarıyla orantılı olarak polimerizasyon büzülmesi de artmaktadır (Hervás García ve ark., 2006; Murchison ve ark., 2006).

İnorganik İçerik:

Rezin restoratif materyallere farklı boyut, şekil ve çeşitte doldurucu ilave edilmektedir. Kompozit restoratif materyallerin yapısına eklenen doldurucular, termal genleşme katsayısını düşürmektedir. Doldurucu inorganik yapı; matriks içine dağılmış farklı boyut ve şekildeki kuartz, zirkonyum, baryum, çinko, koloidal silika, borosilikat cam gibi partiküllerden oluşur. Doldurucu içeriğindeki baryum, stronsiyum, çinko ve yitrium materyalin radyoopasitesini sağlar. İçeriğe eklenen silika partikülleri ile kompozit rezinin ışık geçirgenliği, mekanik özellikleri artar. Kompozit resin içeriğindeki doldurucu oranı arttıkça organik matriks hacmi azalacak, böylelikle polimerizasyon büzülmesi azalacaktır. Doldurucular aynı zamanda polimerizasyon öncesi restorasyonun şekillendirilmesinde kolaylık sağlamaktadır (Kj, 2003).

Bağlayıcı Ajan:

Organik ve inorganik yapıların arasındaki adeziv bağlantı sayesinde materyalin kimyasal yapısının devamlılığı sağlanmış, fiziksel özellikler geliştirilmiştir. Silikon ve metan kelimelerinin bir araya gelmesiyle ‘silan’ adı verilmiştir (Musanje ve Ferracane, 2004). Silanlar, materyalin fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirmiştir. Silan sayesinde su emilimi ve rezinin çözünmesi gibi sorunlar azalmıştır (Willems ve ark., 1992).

Kompozit rezinler; doldurucu partikül büyüklükleri ve tipi, polimerizasyon mekanizması, viskozitelerine göre farklı sınıflandırmalara sahiptir.

Süt dişleri ve daimî dişlerin sınıf I, II, III, IV, V ve VI kavitelerinin restorasyonları, fissür örtücü ve koruyucu rezin restorasyonlar, kor yapımı, estetik uygulamalar, splint yapımı, geçici restorasyonlar kompozit rezinlerin kullanım endikasyonlarından. İzolasyonda yaşanan güçlükler sebebiyle çocuk hastada rezin içerikli materyallerin kullanımı zordur. Aynı zamanda florid salınımı yapmamaları sebebiyle de tercih edilmemektedirler (Donly ve Garcia-Godoy, 2002).

1.1.8. Amalgam

Dental amalgam; gümüş, bakır, kalay ve civa gibi metallerin karışımından oluşmaktadır (Beazoglou ve ark., 2007). Günümüze kadar oklüzal kuvvetlere dayanıklı olması sebebiyle kullanımı posterior bölgede sıklıkla tercih edilmiştir.

Amalgam dolgular; ucuz olması, uygulama kolaylığı, güçlü fiziksel özelliklere sahip olması, korozyon ürünleriyle restorasyon kenarlarını örtüleyebilmesi, aşınmaya dirençli ve dayanıklı olması gibi birçok avantaja sahiptir (Anderson ve McCoy, 1993). Bununla birlikte; diş dokusuna bağlanmaması, kenar uyumunun zayıf olması, estetik olmaması, ağızda galvanik akıma sebep olması, ısıyı ve elektriği iletmesi, korozyona uğraması sonucu metal alaşımlarının dentin kanallarına yerleşmesi sonucu dişte renklenmelere sebep olması ve yapısında organizma için toksik olan civa bulundurması amalgamın dezavantajlarından (Leinfelder, 1993).

Günümüzde amalgam restorasyonlarının sağlık açısından güvenilirliği bir soru işareti olmakla birlikte, sağlıklı diş dokusunun desteklenmesi ile minimal invaziv girişimlerle tedaviler, estetik, pratik uygulama ve yüksek fonksiyonel performans gibi özelliklere sahip adeziv restoratif materyallerin kullanımının artmasına sebep olmuştur (Dhar ve ark., 2015; Fuks, 2015; Hes ve ark., 1999).

1.2. Mikrosızıntı

Mikrosızıntı, bakteriler, ağız sıvıları, moleküller veya iyonların restoratif materyal ve kavite duvarı arasındaki geçişi olarak tanımlanmaktadır (Kidd, 1976). Marjinal adaptasyon başarısı, dental restorasyonların ömrünü etkilemektedir. Marjinal adaptasyonda problem gelişmesi sonucunda diş-restorasyon arayüzü boyunca mikrosızıntı meydana gelecek, marjinal renklenme, postoperatif hassasiyet ve ikincil çürük riski oluşacaktır (Lindquist ve Connolly, 2001). Bu nedenle mikrosızıntının araştırılması, restoratif materyallerin değerlendirilmesinde önemlidir.

Mikrosızıntı, restoratif materyallerin mine ve dentinden farklı termal genleşmeye sahip olmasından dolayı materyalde polimerizasyon büzülmesi gelişmesi sonucunda meydana gelmektedir. Bunlarla birlikte zamanla dolgu yüzeyinin aşınması, oklüzal kuvvetlerle dolgunun elastik deformasyona uğraması, dolgunun yerleştirilmesi sırasında manipülasyon yetersizliği ve hekimin dikkatsizliği ile de oluşabilmektedir (Çetiner, 1992; De Moraes ve ark., 1999; Swift Jr, 1989).

Başarılı bir dental restorasyon, diş ile restorasyon materyali arasındaki bağlanmaya bağlı olarak sızıntının önüne geçilmesi ile mümkündür. Diş dokularının dental restoratif materyallerle bağlanması iki temel mekanizmaya dayanmaktadır. Bunlar, minerallerin mine ve dentinden asit uygulaması ile uzaklaştırılması ve rezin içerikteki monomerlerle yer değiştirmeleri sonucu gözeneklerde oluşan mikromekanik kilitlemedir (Van Meerbeek ve ark., 2003). İyi bir adezyonun sağlanması için mikromekanik bağlanma ile birlikte kimyasal etkileşim varlığı da önemlidir (Yoshida ve ark., 2004; Yoshida ve ark., 2000). Mine ve dentinin farklı yapılara sahip olması sonucu dental adezivlerin bu yapılarla olan bağlantısı da etkilenmektedir (Retief ve Denys, 1989).

Dental restoratif materyaller de diş dokularına farklı mekanizmalar ile bağlanmaktadır. Cam iyonomer simanlarda poliakrilik asitte bulunan karboksilat gruplarının, dişin yapısındaki fosfat iyonları ile etkileşime girmesi ile kimyasal bağlanma gerçekleşmektedir (Wilson ve ark., 1983). CİS ile diş dokusu ara

yüzeyinde meydana gelen iyondan zengin tabaka sayesinde dolgu materyali mine ve dentine sıkıca tutunmaktadır. CİS'in sertleşme aşaması tamamlandıktan sonra diş ile temasta olan bölgesi visköz bir yapıdadır. CİS sertleşme sürecinde nemden korunursa, diş dokusuyla sıkı bir bağlanma oluşacaktır. Bunun sonucunda da CİS ile diş dokusu arasındaki iyon alışverişi daha uzun süre devamlılık gösterecektir. Mine, dentinden daha fazla oranda inorganik yapı içerdiği için CİS ile bağlanması da daha güçlü olacaktır. Kavite derinliğinin artmasıyla da dentin tübül çapları, bununla bağlantılı olarak dentinin nemliliği de artacağından daha zayıf bir bağlanma söz konusu olacaktır. CİS sertleşmesini tamamladığında, dolgu ve diş arasında bağlanma kuvveti artmış olacaktır (Powis ve ark., 1982; Saito, 1999)

CİS'lar diş dokuları ile oluşturdukları kimyasal bağlanma, florür salınımı yapmaları, termal genleşme katsayılarının diş dokusuyla uyumlu olması gibi özellikleriyle mikrosızıntıya karşı rezin materyallerden daha dirençlidirler. Cam iyonomerlerin uygulanmasından sonraki 24 saatlik matürasyonları sırasında su absorbe etmeleri marjinal boşlukları azaltacak olsa da mikrosızıntı probleminin önüne geçilmesi tartışmalıdır (Toledano ve ark., 1999). Bununla birlikte yapılan çoğu çalışmada, retantif olmayan sınıf V kavitelerde bağlanmada, CİS'ların üç aşamalı etch-and-rinse adeziv sistemlerden başarısız olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Peumans ve ark., 2003; Van Dijken, 2000; Van Meerbeek ve ark., 2003).

Mikrosızıntı, klinik şartlarda yorgunluk ile de gelişmektedir. Yorgunluk, dinamik yüklere maruz kalınması durumunda meydana gelmekte; restorasyon tasarımı, C faktörü, çevresel faktörler ve stresten etkilenmektedir (Jung ve ark., 2007). C faktörünün (restorasyonun bağlanmış yüzeylerinin bağlanma yapmayan yüzeylerine oranı) artması, polimerizasyon büzülmesinin artmasına, buna bağlı olarak mikrosızıntının da artmasına neden olmaktadır (He ve ark., 2007). Diş ile restoratif materyal arasındaki mikrosızıntı, termal değişikliklere maruz kalındığında kavite örtülemediği yetersiz kalan restorasyonlarda daha fazla görülmektedir. Ağız içerisindeki termal değişiklikler ile restorasyon ve diş arasında mekanik gerilmeler oluşarak ara yüzeylerde çatlaklar meydana gelebilmektedir (Gale ve Darvell, 1999).

Mikrosızıntıyı en az düzeye indirmek için restoratif materyallerin yapısal özellikleri ve uygulama yöntemleri geliştirilmiştir.

Sızıntı ile ilgili in-vivo, daha çok da in-vitro çalışmalar yapılmaktadır. İn-vitro çalışmalar; ışık mikroskobu, taramalı elektron mikroskobu (TEM), enerji dağılımlı X ışını spektroskopisi ve Mikro-BT kullanılarak yapılmıştır (Taylor ve Lynch, 1992). İn-vivo çalışmalar pahalı olup zaman aldıkları gerekçesiyle in-vitro çalışmalara yönelim daha fazladır (S Ayyıldız ve ark., 2009)

Mikrosızıntı günümüze kadar çeşitli tekniklerle değerlendirilmiştir. Fakat bu tekniklerin bazıları mikrosızıntıyı doğru şekilde temsil etmediğinden dolayı kullanımını yitirmiştir. Mikrosızıntı, boya penetrasyon testi, radyoizotop yöntemi, kimyasal ajanlar, bakteriyel sızıntı, taramalı elektron mikroskop analizi, elektrokimyasal analiz, nötron aktivasyon analizi, basınçlı hava kullanımı ve Mikro-BT ile tespit edilmektedir.

1.2.1. Mikrosızıntı Testleri

1.2.1.1. Boya penetrasyon testi

Mikrosızıntının organik boya ajanları kullanılarak tespit edilmesi en eski yöntemlerden biridir (Mueninghoff ve ark., 1990). Boya penetrasyon yöntemi, mikrosızıntının geliştiği alanları renklendirmek amacıyla kontrast boyaların bir daldırma çözeltisinde kullanılmasıdır. Böylelikle dış-restorasyon arayüzeyi boya maddesinin penetrasyonu açısından değerlendirilir. Çalışmalarda kullanılan boyalar süspansiyon şeklindedir (Johnson ve Zakariasen, 1983). Boyama maddeleri, farklı konsantrasyon ve sürelerde kullanılmaktadır (Heintze, 2007). Araştırmalarda genellikle %2'lik metilen mavisi tercih edilirken, floresan (%20), toluidin mavisi (%0,25), eritrosin (%2'), kristal violet (0,05), bazik fuksin (0,5-2), gümüş nitrat

(%50), anilin mavisi (%2), metilen mavisi (% 0,2-2 veya 10), eosin (%5) kullanılmaktadır (Simel Ayyıldız ve ark., 2009; Erdemir ve Yaman, 2011).

Boyama tekniği, çekilmiş, restorasyonu tamamlanmış dişin apeksi tıklandıktan sonra, restorasyon haricinde kalan yüzeylerin mum veya cila ile izole edilmesinin ardından, belirli bir sürede boya solüsyonunda oda sıcaklığında bekletilmesi ile tamamlanır. Sonrasında örnekler akan su altında yıkanıp izolasyon maddesinden temizlenir. Sızıntı, örneklerden alınan kesitler üzerinde stereomikroskop altında değerlendirilir (Erdilek ve ark., 2009; Zhao ve ark., 2014)

Boyama yöntemi, kimyasal bir reaksiyona ya da radyasyona ihtiyaç olmaması, boyaların ucuz ve kolay erişilebilir olması, hızlı sonuç vermesi gibi bazı avantajlara sahiptir (Basker ve ark., 2001; Silveira de Araújo ve ark., 2006). Fakat bu yöntem sızıntı hakkında üç boyutlu fikir vermemesi ve sızıntının yoğunluğunun tespit edilememesi açısından önemli bir dezavantaja sahiptir. Bu sorun, farklı bölgelerden kesit alınarak veya şeffaflaştırma tekniği kullanılarak aşılmaya çalışılmıştır (Gouglas ve Zakariasen, 1981; Johnson ve ark., 1983).

Boya penetrasyon yönteminde ışık mikroskobu, taramalı elektron mikroskobu, transmisyon elektron mikroskobu aracılığıyla değerlendirmeler yapılmaktadır. Güncel değerlendirme yöntemlerinden mikro-BT, optik koherens tomografi ve konfokal lazer tarama mikroskobu da üç boyutlu incelemelere imkan sağlamaktadır (AlHabdan, 2017).

1.2.1.2. Radyoizotoplar

Mikrosızıntının belirlenmesindeki bir diğer yöntem de radyoaktif izotop kullanılmasıdır, boya penetrasyon testinden sonra en çok tercih edilen yöntemdir (Charlton ve Moore, 1992). Diş ile restorasyon materyali arasında radyoizotopların geçişinin otoradyograflar yardımıyla görüntülenmesi yöntemidir. Bu yöntemde restorasyon dışındaki bölgeler izole edilir. Ardından diş, radyoaktif solüsyonda

belirlenen zaman diliminde bekletilip, yıkanıp, kurutulmasının ardından kesim yapılarak röntgen filmi üzerine yerleştirilir. Daha sonra izotopun görüntülediği bölgeye göre sızıntı tespit edilir. Ca^{45} , I^{131} , Na^{22} , C^{14} , S^{35} , P^{32} bu yöntemde sıklıkla kullanılan radyoizotoplardır (Alani ve Toh, 1997).

İzotoplar, boya moleküllerinden daha küçük çaplı partiküllere sahip olup daha derinlere nüfuz olabildiği için az miktardaki sızıntıyı dahi saptayabilirler (Powis ve ark., 1988). Radyoaktif madde kullanımı, hassas bir yöntem olması, pahalı olması aynı zamanda örneklerin zarar görüyor olması, sadece iki boyutlu olarak sızıntının incelenmesine izin vermesi gibi bazı dezavantajlara da sahiptir (Taylor ve ark., 1992).

1.2.1.3. Kimyasal Ajanlar

Renksiz, radyoaktif olmayan, iki bileşenli kimyasal boyayıcıların kullanıldığı yöntemdir. Bu yöntemde bileşenler reaksiyona girdiğinde opak bir görüntü oluşmaktadır. Kimyasal reaksiyon sonucu oluşan diş-restorasyon ara yüzeyindeki çökeltinin fotoğraflanarak, sızıntının görüntülenmesi ile elde edilir. Bu iki bileşen de küçük partiküllere sahip olup penetrasyon gösterebilmelidir. Bu yöntemde kullanılan kimyasal ajanlar radyoaktif değildir (Taylor ve ark., 1992). Bu yöntemde en çok gümüş tuzları, sıklıkla da %50'lik gümüş nitrat kullanımı tercih edilir. Gümüş iyonunun partikül boyutunun çok küçük olup kolaylıkla sızabilme özelliği sayesinde bu yöntemle objektif ölçümler elde edilmiştir (Alani ve ark., 1997).

1.2.1.4. Bakteriyel Sızıntı

Mikrosızıntı araştırmalarında bakteriyel sızıntı yöntemi genellikle in-vitro çalışmalarda tercih edilir (Fayyad ve Ball, 1987). Restorasyonu tamamlanan dişler, bakteri kültürüne daldırıldıktan sonra restorasyon kenarından sızan bakteri toksinlerinin ve bazı bakteri ürünlerinin çeşitli yöntemlerle boyanarak incelenmesi

temeline dayanır. Diş-restorasyon ara yüzeyindeki boşluğun en az 0,5- 1 µm olduğunda sızıntı, bu yöntem ile tespit edilebilmektedir (Alani ve ark., 1997). Sonuçların kalitatif olması, daha küçük yapıların geçebileceği boşlukların saptanamaması ise bu tekniğin dezavantajlarıdır (Zivkovi ve ark., 2001).

1.2.1.5. Hava Basıncı Yöntemi

Kullanımı çok eskilere dayanan bu sızıntı yöntemi, dişin kök kanalı ve pulpa odasına basınçlı havanın uygulanması ile statik sistemde kaybolan basıncın ölçümü esasına dayanır (Hm ve Jj, 1965). Hava basıncı yöntemi kullanılarak su içerisine yerleştirilen dişin restorasyon kenarında gözlenen hava kabarcığı da kenar uyumsuzluğunu temsil etmiştir (Üşümez ve ark., 2004). Hava basıncı yöntemi ile dişlerin kenar bütünlüğü korunmaktadır. Bu sayede analiz tekrar edilebilirlik avantajına sahiptir. Bununla birlikte gerçek klinik durumu yansıtmamaktadır (Taylor ve ark., 1992).

1.2.1.6. Nötron Aktivasyon Analizi

Bu yöntemde mikrosızıntı, restorasyon kenarına in-vivo şartlarda radyoaktif olmayan Manganez (Mn) yerleştirilip kenar sızıntısı gerçekleştirildikten sonra, dişin çekilerek nükleer reaktörde Mn_{56} ile bombardımana maruz bırakılması ile belirlenir. Gamma ışını emisyon yöntemi ile örnekler ışınlanarak, bir dedektör yardımı ile değerler ölçülür. Radyoaktif maddenin, örnek başına düşen Mn miktarı oranı ile mikrosızıntı değeri ölçülmektedir (Taylor ve Lynch, 1993).

Kantitatif sonuçlar elde edilmesine karşılık, pahalı ve karmaşık bir teknik olması, sızıntının lokalizasyonu hakkında ipucu vermemesi nedeniyle pratik bir kullanımı yoktur (Alani ve ark., 1997).

1.2.1.7. Elektro-kimyasal Analiz

Elektrolit içerisine batırılmış iki metal arasında eksternal güç kaynağı yardımıyla oluşturulan elektrik akımının ölçülmesi temeline dayanan bir sızıntı tespit yöntemidir (Delivanis ve Chapman, 1982). Elektrokimyasal analiz yöntemi, tekrar edilebilir ve kantitatif ölçümlere izin verir. Bununla birlikte örnekler bir zarar gelmeden ölçüm yapılabilir. İletken ortam olarak fizyolojik salin tercih edilmektedir. Akım uygulanmasının ardından örnekten geçen alternatif akım değişiklikleri ölçülerek sızıntı hakkında bir sonuca ulaşılır (Pradelle-Plasse ve ark., 2004).

1.2.1.8. Taramalı Elektron Mikroskobu (TEM):

Boyama yöntemi ile mikrosızıntı belirlendikten sonra TEM yardımıyla diş-restorasyon ara yüzeyinin incelenmesi temeline dayanır (Ciucchi ve ark., 1990). Diğer sızıntı yöntemlerini doğrulamak amacıyla kullanımı tercih edilebilir. Ölçüm yapılırken örneklerden kesit alma aşamasında boşluklar meydana gelmekte ve hatalı sonuçlara neden olmaktadır (Taylor ve ark., 1992).

1.2.1.9. Konfokal Lazer Tarama Elektron Mikroskobu (CLSM):

Bu elektron mikroskop tekniğinde işaretleyici olarak floresan özellikli boyalar (Rhodamin) kullanılmıştır (Pioch ve ark., 1997). Lazer tarama elektron mikroskobu, TEM'den farklı olarak ıslak yapıda örneklerin incelenmesini mümkün kılmaktadır (Pioch ve ark., 2001). Bu yöntem, nanometrik düzeyde topografik incelemelere olanak sağlamaktadır. CLSM, yansıma ve floresan olmak üzere iki farklı modda incelemeye izin verir. Yansıma modunda, spesifik optik özelliklerdeki mine, dentin ve restorasyon materyali gibi yapılar ayırt edilmektedir (Pioch ve ark., 2001). Floresan modunda, işaretleyici ajanın dağılımı kayıt altına alınarak inceleme yapılabilmektedir (Watson, 1994).

1.2.1.10. Mikrobilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT)

Görüntüleme yöntemlerinden ışık mikroskobu ve taramalı elektron mikroskobu (TEM), geçerli ve güvenilir kabul edilmektedir. Bu sistemlerin arasına son yıllarda mikro-BT de dahil olmuştur. Mikro-BT, bilgisayarlı tomografi prensibiyle çalışmaktadır. Mikro-BT ile oluşturulan yüksek çözünürlüklü kesitsel görüntüler birleştirilerek 3 boyutlu görüntü elde edilir. Mikro-BT, cismin kendi eksenine etrafında dönerek görüntülenmesine imkan sağlar. Elde edilen kesitsel görüntülerle süperpozisyonlar önlenir (Landis ve Keane, 2010).

Mikro-BT, aynı bölgedeki mineralizasyon değişikliklerini tespit ederek görsele aktarması gibi önemli avantajlara sahiptir (Jacker-Guhr ve ark., 2016). Mikro-BT ile standart bir tarama, tekrarlanabilir ölçüm ve doğru kalibrasyon sayesinde detaylı volümetrik hesaplamalar elde edilmektedir (Neves ve ark., 2011).

Mikro-BT ile kemik, diş gibi sert dokular, biyomateryaller aynı zamanda yumuşak dokular da görüntülenebilmektedir (Swain ve Xue, 2009). Bilgisayarlı mikro-tomografi ile çürük uzaklaştırma etkinliği, kök kanal morfolojisi, şekillendirilmesi ve dolgusunun analizi, implant ve kök çevresinin aynı zamanda minimal invazyon potansiyelinin değerlendirilmesi mümkündür. Bununla birlikte Mikro-BT, dental adeziv restorasyonlarla yapılan in-vitro çalışmalarda marjinal sızıntının kantitatif olarak değerlendirmelerine de imkan sağlamaktadır (Neves ve ark., 2011).

Dental restorasyonlar ile kavite duvarları arasında gelişen mikrosızıntının mikro-BT ile tespit edilmesinde radyoopak boya maddeleri kullanılmaktadır (Aydın ve ark., 2020; Chen ve ark., 2010; Eden ve ark., 2008). Bu amaçla renksiz, radyoaktif olmayan, çift komponentli kimyasal boyayıcılar ile çalışılmaktadır. Kimyasal reaksiyon sonrasında diş ile restorasyon arayüzeyinde çözünen komponentlerin ışınlanması ile sızıntı görüntülenebilmektedir. %50'lik gümüş nitrat tuzları, komponentlerinin penetrasyon yeteneğinden dolayı sıklıkla kullanılmaktadır (Aydın ve ark., 2020; Jacker-Guhr ve ark., 2016).

1.3. Çiğneme Simülatörü

Mekanik yükler, diş dokuları ile restoratif materyallerin bağlanmasını etkileyen en önemli faktörlerdendir. Restoratif materyallerin stres altındaki değişimleri ile ağız ortamındaki kullanım süreleri sınırlanmaktadır. Ağız ortamını taklit eden cihazlar sayesinde ise klinik çalışmalara yön verilmektedir. Çiğneme simülatörü cihazı, ağız ortamındaki mekanik kuvvetlerin sebep olduğu yorgunluğun, in-vitro çalışma ortamına yansıtılması amacı ile üretilmiştir (Bulut ve Atsü, 2016).

Çiğneme simülatörü cihazının pnömatik sistemi sayesinde kuvvet yükleme fonksiyonu işlemektedir. Ağız ortamında yutkunma ya da çiğneme esnasında 10 ile 120 N aralığında bir fizyolojik ısırma kuvveti oluşmaktadır (Kohyama ve ark., 2004). In-vitro çalışmalarda uygulanan 49 N değerindeki kuvvet, genellikle posterior bölgedeki normal oklüzyonu yansıtmaktadır. Çiğneme simülatöründeki 240.000-250.000 adet döngü, 1 yıllık klinik kullanıma eşdeğerdir (Fontijn-Tekamp ve ark., 2000).

Dual akslı çiğneme simülatörleri, yatay ve dikey olmak üzere çift yönlü kuvvet uygulayarak ağız ortamındaki çok yönlü çiğnemeyi simüle eden farklı bir cihazdır. Çeşitli çaplardaki kuvvet uygulayıcı top uçlar ile antagonist dişler simüle edilir. Bu cihazlarda dönüşümlü ısı ve nem yüklemesi de sisteme dahil edilmiştir. Bu sistemde de uygulanacak yük miktarı ve hızı kontrol edilebilir. Cihazda bulunan raylı sistem, dişe uzun eksenli doğrultusunda ve kayma sırasında dönüşümlü kuvvet yüklemesine olanak sağlar. Bu sayede cihaz, diş gıcırdatmaları, çiğneme sırasında oluşan kayma hareketleri, değişik kapanış şekillerini de taklit edebilmektedir. Sistem bilgisayar üzerinden kontrol edilerek, döngüsel kuvvetlerin oluşturulmasına imkan sağlamaktadır. 0.6-1.1 saniyede bir siklus ile 1.3 Hz-1.8 Hz' lik oklüzal frekans, fizyolojik sınırlar dahilindedir. Cihazın bir diğer avantajı da aynı anda birden çok örnekle çalışılmasına izin vermesidir (Atay ve ark., 2016).

In-vitro çalışmalar, çiğneme simülatörü sayesinde klinik çalışmalar için rehber oluşturmaları açısından önem taşımaktadır. Özellikle sızıntı çalışmalarında

restorasyonu tamamlanan dişlerin çiğneme simülatörü cihazı ile yaşlandırılmaları sonucunda gerçeğe yakın verilerin elde edilmesi öngörülmüştür (Atay ve ark., 2016).

Çocuk diş hekimliğinde rutinde kullanılan restoratif materyallerden olan kompomerlere alternatif olarak geliştirilen, uygulama kolaylığı sağlayan, estetik özellikleri geliştirilmiş yüksek viskoziteli cam iyonomerlerden cam hibrit restoratif sistemlerin kullanılması ile ilgili yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bundan yola çıkarak çalışmamızda Dyract Xp ile Equia Forte HT restoratif materyallerinin mikrosızıntısının Mikro-BT yardımıyla hem üç boyutlu hem de boya penetrasyon yöntemleriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu tez çalışmasının birinci H_0 hipotezi, Equia Forte HT materyali ile kompomer (Dyract Xp) materyallerinin sızdırmazlığı arasında bir farklılık olmayacağı şeklinde kurulmuştur.

İkinci H_0 hipotezi ise restoratif materyallerin sızdırmazlığının üç boyutlu ve boya penetrasyon yöntemleri ile değerlendirilmeleri arasında bir farklılık bulunmamasıdır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında, çekilmiş süt dişlerinde oluşturulan sınıf V kavitelerde bukkal yüzeylere cam hibrit restoratif sistemlerden Equia Forte HT (GC Corp, Tokyo, Japan) ve lingual yüzeylere ise poliasit modifiye kompozit rezin Dyract Xp (Dentsply Sirona, Konstanz, Germany) materyalleri uygulanmıştır. Restorasyonlar tamamlandıktan sonra ağız ortamının taklit edilmesi amacıyla örnekler, çiğneme simülatörü (Esetron Chewing Simulator, Turkey) ile 1 yıllık bir süreye denk gelecek şekilde yaşlandırılmıştır. Sonrasında restorasyonlarda meydana gelen mikrosızıntı, her iki restoratif materyal için Mikro-BT (Skyscan 1275, Bruker, Kontich, Belgium) ile hem üç boyutlu olarak hacimsel hem de boya penetrasyon yöntemleriyle kesitsel olarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışma Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda yapılmış, çalışma için 16.06.2020 tarihinde Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Etik Kurul Başkanlığı'ndan 36290600/13 sayılı etik kurul onayı alınmıştır (Bkz. Ek1).

2.1. Diş Seçim Kriterleri

Örneklem büyüklüğünü güç analiziyle belirlemek amacıyla bir pilot deney yapılmıştır. Pilot deneye göre mm^3 cinsinden mikrosızıntı ölçümlerine ait ortalama $\pm$ standart sapma değerleri saptanarak, 0,05 anlamlılık düzeyinde 0,95 güç ile Wilcoxon Eşleştirilmiş İki Örnek Testi kullanılarak hesaplama yapıldığında 13 adet örneklem çalışma için yeterli bulunmuştur. Örneklerin simülatöre 6'lı gruplar halinde yerleştirilmesi, aynı zamanda çalışmanın güvenilirliğini sağlamak amacıyla da 24 adet diş ile çalışılması planlanmıştır.

Araştırmamızda çekilmiş alt süt 2. molar dişi kullanılmıştır. Çalışmamıza dahil edilen süt dişlerinin köklerinin interradiküler alandan itibaren 1/3'lik kısmından daha

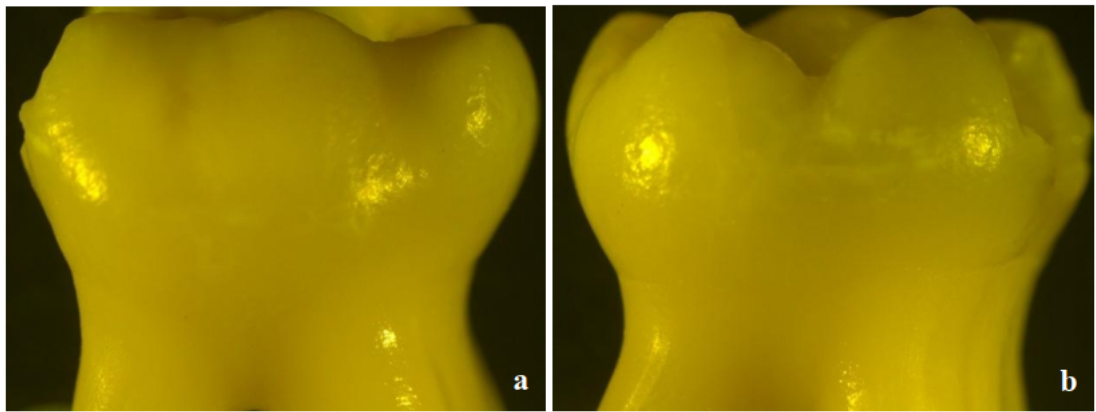
fazla rezorbsiyona uğramamış olmasına, bukkal ve lingual yüzeylerinin çürüksüz olmasına dikkat edilmiştir. Diş sert dokularının üzerindeki birikintiler ve yumuşak dokular periodontal küret yardımı ile uzaklaştırılmıştır. Dişler stereomikroskopta x10 ve x25 büyütmelerde kontrol edilerek çatlak ve demineralize olanlar çalışma dışı bırakılmıştır.

2.2. Örneklerin Toplanması ve Saklanması

Örneklerin toplanması sırasında çocuklara ve ailelere yapacağımız çalışmayla ilgili bilgiler verilmiş, Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formları imzalatılmıştır (Bkz. Ek2). Çalışmada kullanılacak dişler, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde Pedodonti Anabilim Dalı kliniğinden toplanmıştır. Deney zamanına kadar örnekler, +4 °C'de distile suda cam kavanoz içinde saklanmıştır.

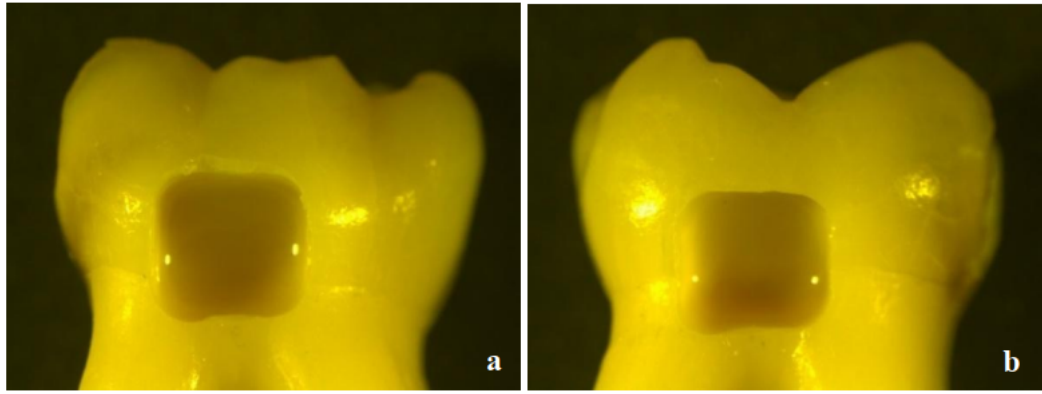
2.3. Örneklerin Hazırlanması

Seçilen dişlerin üzerindeki yumuşak doku artıkları el aletleriyle temizlenmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Yumuşak doku artıklarının el aletleriyle temizlendikten sonra dişlerin bukkal (a) ve lingual (b) yüzeylerinin stereomikroskop görüntüsü.

Çalışma için seçilen dişlerin bukkal ve lingual yüzeylerine standart sınıf V kaviteler şablon kullanılarak 3 mm genişliğinde, 3 mm yüksekliğinde ve 1,5 mm derinliğinde Şekil 2.2’de görüldüğü gibi açılmış, periodontal sond ile ölçümler yapılmıştır. Kavitelerin oklüzal marjini minede, gingival marjini ise mine sement birleşimini aşacak şekilde dentinde sonlanmıştır. Preparasyonlar su soğutması altında elmas fissür frezler (141H010, Meisinger, Germany) kullanılarak yapılmıştır. Frezler her beş kavite açılmasından sonra yenisiyle değiştirilmiştir.



Şekil 2.2. Örneklerin bukkal (a) ve lingual (b) yüzeylerinde kavitelerin hazırlanma aşaması.

2.4. Restorasyonların Uygulanma Aşaması

Restorasyonların yerleştirileceği kaviteler rastgele bir seçim yapılarak, dişlerin bukkal yüzeyleri Equia Forte HT (GC Corp, Tokyo, Japan), lingual yüzeyleri ise Dyract Xp kompozit (Dentsply Sirona, Konstanz, Germany) ile restore edilmiştir.

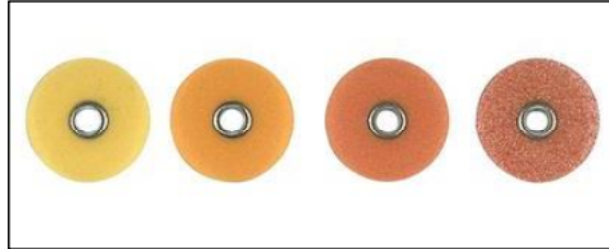
Equia Forte HT Örneklerinin Hazırlanması:

Kullanım kılavuzu doğrultusunda; dişlerin bukkallerinde hazırlanmış kavitelere %20 poliakrilik asit içerikli kavite conditioner (GC Corp, Tokyo, Japan) uygulanmış, 10 sn beklendikten sonra kavite yıkanıp hafifçe kurutulmuştur. Equia Forte HT kapsül (Şekil 2.3), elde sallanarak tozu akışkan hale getirilip alt kısmı kapsül gövdesine doğru itilmiştir. Kapsül, amalgamator (ADM 9002, Almanya) kullanılarak 10 sn süre ile karıştırılmıştır. Karıştırılan kapsül hızlı bir şekilde kapsül uygulayıcıya

(3M ESPE dental ürünler, ABD) yerleştirilmiş ve kola iki kere basılarak uygulamaya hazır hale getirilmiştir. Dolgu materyali kaviteye tek seferde yerleştirilmiştir. 5-10 sn bekleme süresinin ardından yüzey el aletleri ile düzeltilmiştir. Karıştırma işleminin ardından 2.5 dk sertleşmenin tamamlanması beklenmiş, bitim ve parlatma işlemleri Sofleks disklerle (3M ESPE, St Paul, MN, USA) (Şekil 2.4) yapılmıştır. Restorasyon, üreticinin talimatlarına göre Equia Forte Coat (GC Corp, Tokyo, Japan) ile kaplanıp 20 sn 1500 mW/cm² gücünde LED (Light Emitting Diode Raddi plus SDL, Australia) ışık kaynağı kullanılarak polimerize edilmiştir.



Şekil 2.3. Equia Forte HT cavity conditioner, Equia Forte HT kapsül ve Equia Forte Coat (GC Corp, Tokyo, Japan).

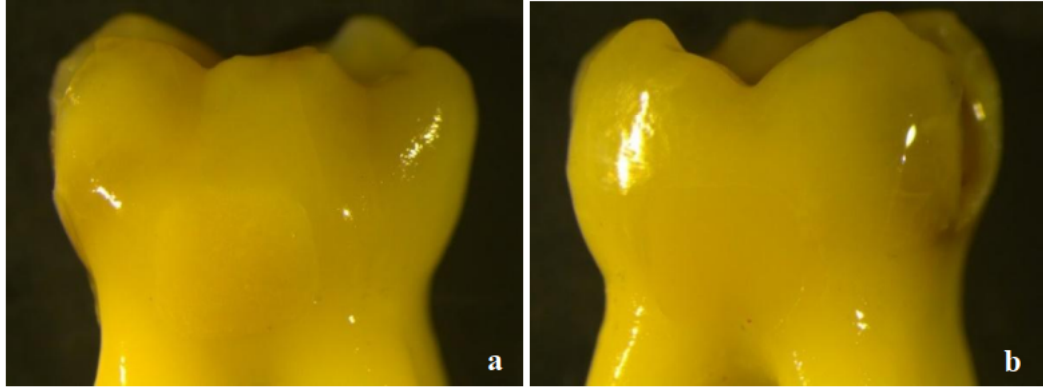


Şekil 2.4. Sofleks diskler (3M ESPE, St Paul, MN, USA).

Kompomer Örneklerinin Hazırlanması:

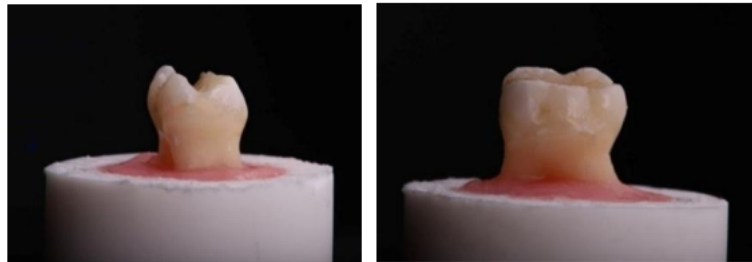
Kullanım kılavuzu doğrultusunda; dişlerin linguallerindeki hafif nemli kavitelere önce Prime&Bond NT Universal (Dentsply Sirona, Konstanz, Germany) ince bir tabaka halinde aplikatör yardımıyla sürülmüştür. Kavite hafif bir şekilde hava spreyi ile kurutulduktan sonra 10 sn süre ile 1500 mW/cm² gücünde LED ışık kaynağı (Light Emitting Diode, Raddi plus, SDI, Australia) kullanılarak polimerize

edilmiştir. Daha sonra Dyract Xp (Dentsply Sirona, Konstanz, Germany) restoratif materyali 1.5 mm'lik homojen boşluksuz tabakalar halinde kaviteye yerleştirilmiş, el aletleri yardımıyla kaviteye adaptasyonu ve morfolojisi sağlandıktan sonra 20 saniye ışık kaynağı kullanılarak polimerize edilmiştir. Bitim ve parlatma işlemleri Sofleks disklerle (3M ESPE, St Paul, MN, USA) yapılmıştır.



Şekil 2.5. Dişlerin bukkal (a) ve lingual (b) yüzeylerine uygulanan Equia Forte HT ve Dyract Xp restorasyonlarının görüntüsü.

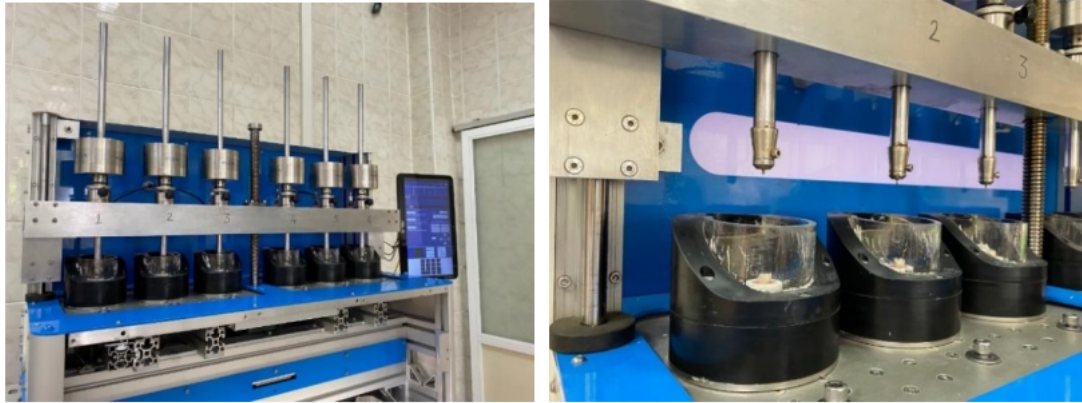
Tüm örnekler 24 saat vücut sıcaklığını taklit etmek amacıyla 37°C'de distile suda bekletilmiştir. Örneklerin kök uçları bir self-etch adeziv ile (3M™ Single Bond Universal Adeziv) (3M ESPE, USA) ve akıcı bir kompozit rezin 3M Filtek Ultimate Flowable Universal Restorative (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) ile kapatılmıştır. Dişlerin yerleştirileceği akrilik blokları hazırlamak amacıyla çiğneme simülatöründeki yuvanın çapına uygun 3 cm boyunda ve 2,5 cm çapında plastik silindirik kalıplar hazırlanmıştır. Dişlerin okluzal yüzeyi yer düzlemine paralel olacak şekilde kalıbın merkezinde konumlandırılarak soğuk akrilik içine yerleştirilmiştir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Örneklerin çiğneme simülatör aşaması için akrilik bloklara yerleştirilmesi.

2.5. Dinamik Yükleme

Araştırmamızda örnekler, Ankara Üniversitesi merkez araştırma laboratuvarında dual akslı çiğneme simülatörü (Esetron Chewing Simulator, Turkey) ile dinamik yükleme yapılmıştır (Şekil 2.7). Dual akslı çiğneme simülatörü, çift yönde kuvvet uygulayabilen, 5°C ile 55°C arasında ısı değişikliklerini aktaran ve bilgisayarla kontrol edilen bir alettir. Alette altı adet örnek tutucusu bulunmaktadır. Kuvvetlerin döngüsel hareketi, bilgisayar tarafından kontrol edilmektedir. Çiğneme hareketi 1.6 Hz frekasında, posterior bölgedeki çiğneme kuvvetleri ve oklüzyonu yansıtabilecek şekilde 50 N değerinde bir kuvvet uygulanarak simüle edilmiştir. 1 yıllık çiğnemeye karşılık gelecek şekilde örnekler 240.000-250.000 adet döngüye maruz bırakılmıştır.



Şekil 2.7. Çiğneme Simülatörü ve örneklerin yerleştirilmesi aşaması.

2.6. Mikrosızıntının Değerlendirilmesi

Yaşlandırma sonrası her bir örneğe iki tabaka tırnak cilası, restorasyon kenarlarından 1 mm uzak olacak şekilde tüm diş yüzeylerine uygulanmıştır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Örneklerin tırnak cilası uygulama aşaması.

Tüm örnekler; 12 saat süreyle karanlıkta, %50'lik gümüş nitrat (KimyaLab, Türkiye) solüsyonunda bekletilip, ardından 5 dakika akan su altında yıkanmış ve 2. banyo solüsyonu olan fotoğraf geliştirici solüsyona (Dental X-RayDeveloper, Medley, MDC, Türkiye) batırılıp 8 saat boyunca ışığa maruz bırakılmıştır. Sonrasında dişler bir diş fırçası ile temizlenmiş ve yüzeydeki gümüş nitrat birikintilerini ortadan kaldırmak için ince Sofleks diskler (3M ESPE, USA) ile cilalanmıştır.

Örnekler, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde araştırma laboratuvarı bünyesindeki yüksek çözünürlüklü Mikro-BT sistemi (Skyscan 1275, Bruker, Kontich, Belçika) kullanılarak taranmıştır (Şekil 2.9). Taramalar 70 kV, 125 uA gücünde 1 mm Alüminyum filtre kullanılarak, 20 µm piksel büyüklüğü kullanılarak ve her 0,2 adımda rotasyon uygulanarak yapılmıştır. Taramalardan önce sensör kalibrasyonu ve artefakt minimalizasyonu için hava kalibrasyonu yapılmıştır. Her örnek 49 milisaniyelik pozlama süresi ile 3 pozlama yapılarak 360° boyunca yaklaşık 30 dakika süresince taranmıştır. Örneklerin yapılandırma (rekonstrüksiyon) işlemi NRecon (ver. 1.7.4, Bruker microCT Systems, Kontich, Belçika) yazılımı ile aksiyal kesitlerin oluşturulması için yapılmıştır. Yapılandırma işleminde ring artefaktı düzeltimi 7, düzleştirme 3 ve ışın artefaktı düzeltilmesi ise %38 olarak ayarlanmıştır. Ayrıca görüntülerin sadece örnekleri içerebilmesi için çevirim minimum ve maksimumum 0-0.16 arasında tutulmuştur. Hacimsel ölçüm ve analizler için CTAn (v. 1.20.3 Bruker microCT Systems, Kontich, Belçika) yazılımı kullanılmıştır.

Örneklerdeki restorasyon alanları ile ilgili bölgeler (ROI) olarak belirlenmiş, mikrosızıntının hacimsel hesaplamaları için gri skala değerleri aracılığıyla manuel segmentasyon yapılmış ve sızıntı hacimsel olarak hesaplanmıştır. Örneklerin üç boyutlu yapılarının incelenmesi ve görüntü üzerinden doğrulamaların yapılabilmesi için CTVox (v. 3.3.0 Bruker microCT Systems, Kontich, Belçika) yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 2.9. Mikro-BT cihazı.

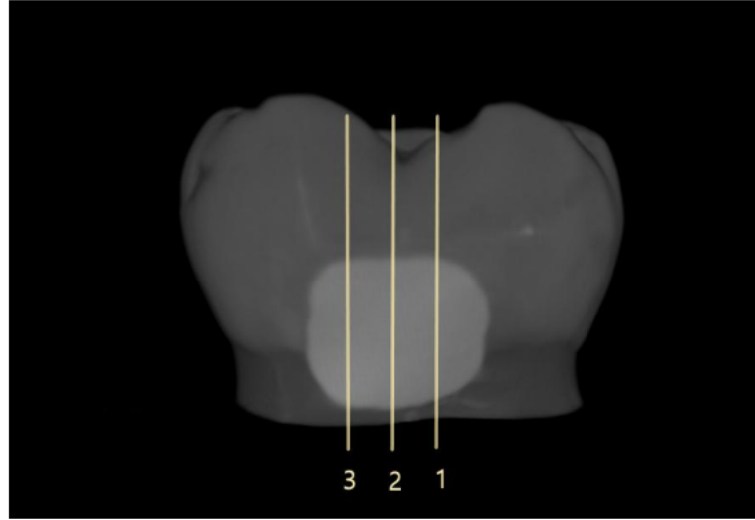
Mikrosızıntının Üç Boyutlu Değerlendirilmesi

Taramalar tamamlandıktan sonra dişlerin bukkal ve lingual yüzeylerinde bulunan her bir kavitenin total hacimleri ile hem kompomer hem de Equia Forte HT restorasyonlarından sızan total AgNO_3 hacimleri mm^3 cinsinden hesaplanmıştır. Her iki restoratif materyalde meydana gelen mikrosızıntı, her bir diş için total AgNO_3 hacmi, total kavite hacmine bölünerek karşılaştırmalar yapılmıştır.

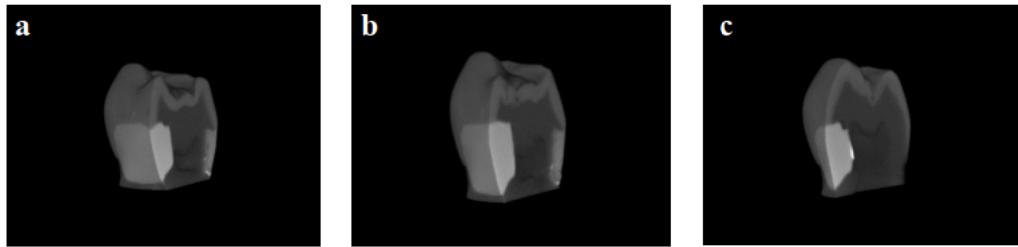
Mikrosızıntının Mikro-BT ile Boya Penetrasyonunun Değerlendirilmesi

Restorasyonların bukkolingual yönde orta hattından, orta hattın yaklaşık 1 mm mesial ve distallerinden olmak üzere 3 ayrı bölgeden kesitsel görüntüler elde edilmiştir. Bu görüntülerde AgNO_3 sızıntıları, 3 operatör tarafından aşağıdaki skor

tablosuna göre derecelendirilmiştir. İstatistiksel veriler, bu 3 bölgeden elde edilen skor derecelerinden en çok tekrar eden değere göre hesaplanmıştır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Operatörler tarafından restorasyonun bukkolingual yönde orta hattından (2), orta hattın yaklaşık 1 mm mesial (3) ve distalinden (1) olmak üzere 3 ayrı bölgenin belirlenmesi.



Şekil 2.11. 1 (a), 2 (b) ve 3 (c) numaralı bölgelerden Mikro-BT ile elde edilen kesitsel görüntüler.

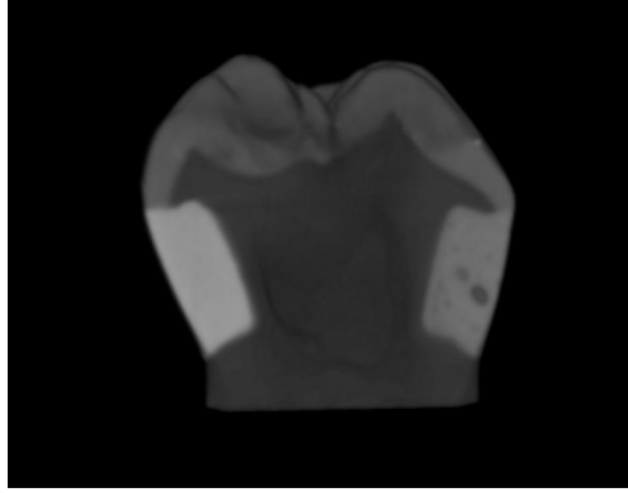
Diş restorasyon ara yüzeyi boyunca mikrosızıntı, daha önceden sınıf V kavitelerde mikrosızıntıyı araştıran bazı çalışmalarda kullanılan skor sistemleri modifiye edilerek aşağıdaki tabloya göre derecelendirilmiştir (Kermanshah ve Khorsandian, 2017; Khoroushi ve ark., 2018):

Skor 0: Sızıntı yok

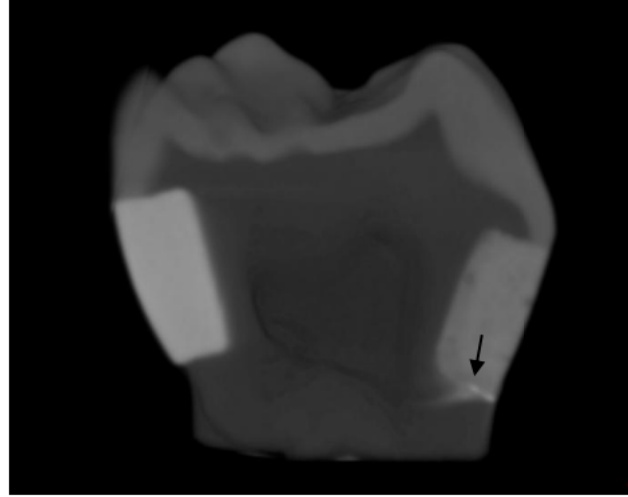
Skor 1: Kavite derinliğinin $\frac{1}{2}$ 'si veya daha azında sızıntı var

Skor 2: Kavite derinliğinin $\frac{1}{2}$ 'sini aşan sızıntı var

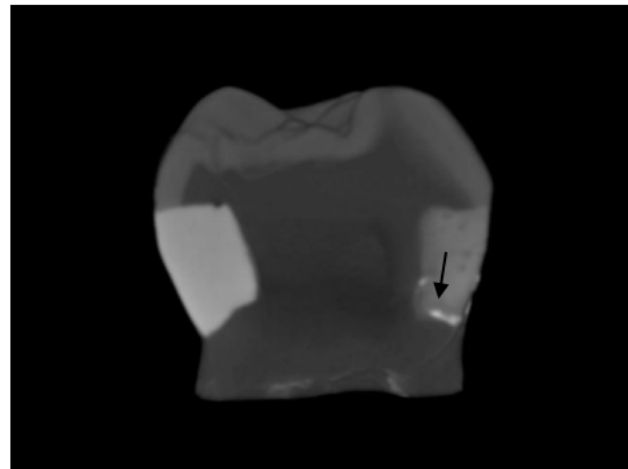
Skor 3: Kavite tabanı ve aksiyal duvarda sızıntı var.



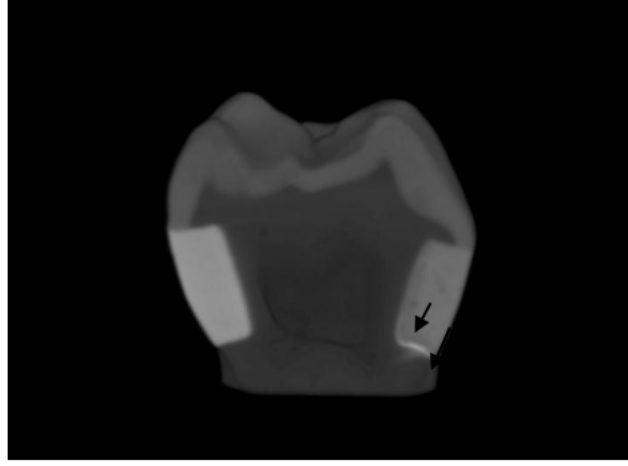
Şekil 2.12. Skor 0 (sızıntı yok) Mikro-BT görüntüleri.



Şekil 2.13. Skor 1 (kavite derinliğinin $\frac{1}{2}$ 'si veya daha azında sızıntı var) Mikro-BT görüntüsü.



Şekil 2.14. Skor 2 (kavite derinliğinin $\frac{1}{2}$ 'sini aşan sızıntı var) Mikro-BT görüntüsü.



Şekil 2.15. Skor 3 (kavite tabanı ve aksiyal duvarda sızıntı var) Mikro-BT görüntüsü.

2.7. İstatistiksel Analiz

Verilerin analizinde SPSS 22 programından faydalanılmıştır. Tanımlayıcı olarak nicel değişkenler için ortalama±standart sapma ve ortanca (minimum-maksimum), nitel değişkenler için ise diğ sayısı (yüzde) kullanılmıştır. Nicel değişken bakımından iki kategoriye sahip nitel değişkenin kategorileri arasında fark olup olmadığına, normal dağılım varsayımları sağlanıyorsa Student-t testi, sağlanmıyorsa Mann-Whitney U testi kullanılarak bakılmıştır. İki nitel değişken arasındaki ilişki incelenmek istendiğinde ise Fisher-exact testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi 0,05 olarak alınmıştır.

3. BULGULAR

Çalışmamızda 24 adet dişin bukkal yüzeylerine Equia Forte HT, lingual yüzeylerine kompomer dolgu malzemeleri uygulanmıştır. Her iki dolgu materyalinin mikrosızıntıları 3 boyutlu hacimsel olarak ve boya penetrasyon yöntemleriyle değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda da her iki restoratif materyalde meydana gelen mikrosızıntıyı objektif olarak değerlendirmek açısından her bir diş için total AgNO_3 hacmi, total kavite hacmine bölünerek yüzde cinsinden sızıntı değerleri elde edilmiştir. Equia Forte HT ve kompomer materyallerine ait AgNO_3 sızıntı yüzdesi ve hacmi ile ilgili istatistiksel değerlendirmeler Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Kompomer ve Equia Forte HT arasındaki total AgNO_3 sızıntı yüzdesi ve hacmine ait istatistiksel karşılaştırma.

Değişkenler	Kompomer		Equia Forte HT		p değeri
	Ort.±SS	Ortanca (Min-Maks)	Ort.±SS	Ortanca (Min-Maks)	
AgNO_3 Sızıntı Yüzdesi	3,01±0,89	3,08 (0,83-4,23)	1,58±0,75	1,29 (0,61-3,16)	<0,001 ^a
AgNO_3 Hacmi (mm^3)	0,71±0,21	0,75 (0,19-0,99)	0,37±0,17	0,32 (0,14-0,73)	<0,001 ^a

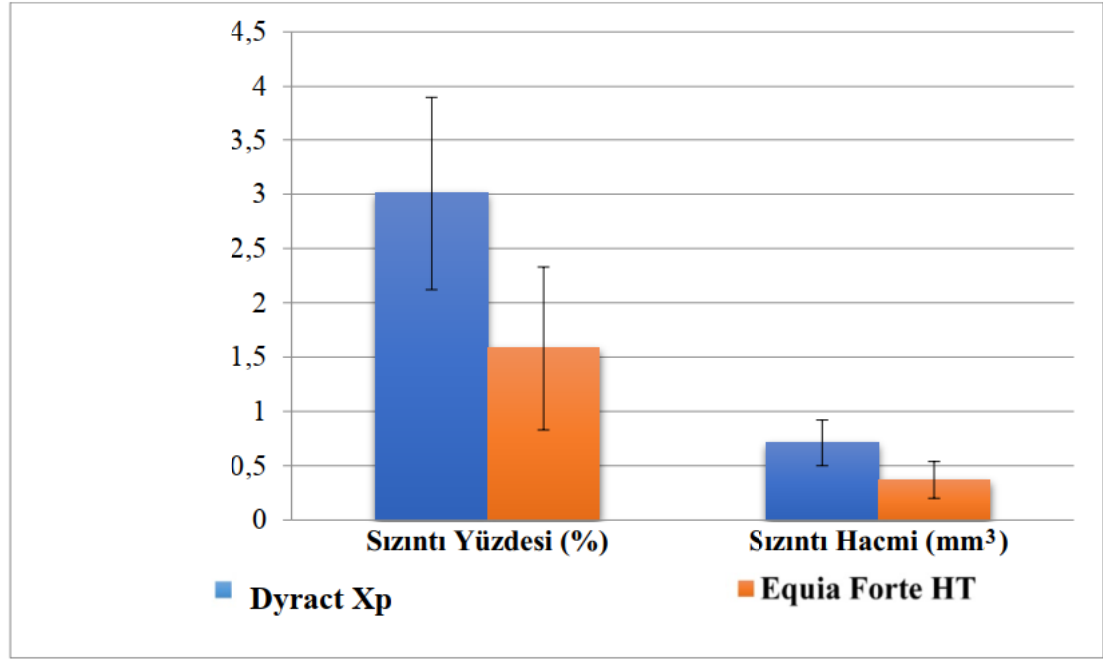
a:Mann-Whitney U testi

Kompomer için AgNO_3 sızıntı yüzdesine ait ortalama 3,01±0,89 iken AgNO_3 hacmine ait ortalama ise 0,71±0,21 mm^3 olarak bulunmuştur. Equia Forte HT için AgNO_3 sızıntı yüzdesine ait ortalama 1,58±0,75 iken AgNO_3 hacmine ait ortalama ise 0,37±0,17 mm^3 olarak bulunmuştur.

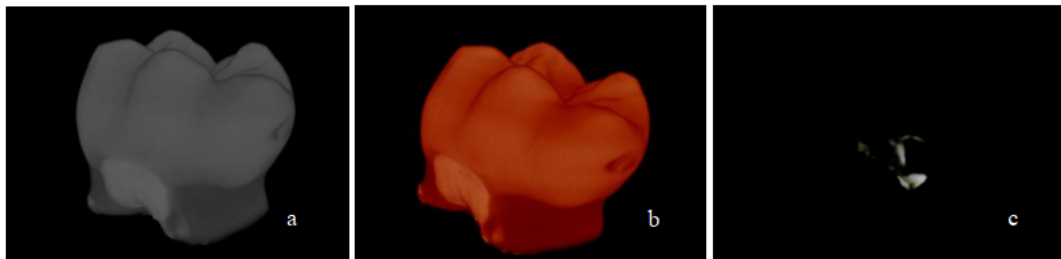
Çizelge 3.1’de kompomer ve Equia Forte HT arasında AgNO_3 sızıntı yüzdesi ve AgNO_3 hacmi (mm^3) istatistiksel olarak değerlendirilmiş, hem yüzde ($p<0,001$) hem de hacim ($p<0,001$) bakımından kompomer grubunda Equia Forte HT grubuna

göre mikrosızıntı istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,001$).

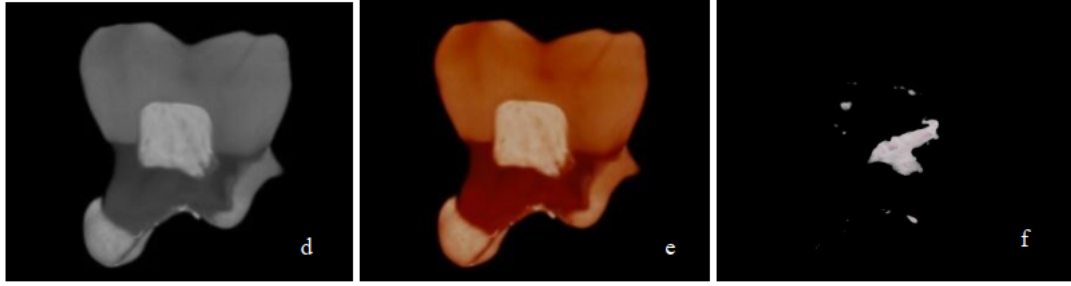
AgNO_3 sızıntı yüzdesi ve AgNO_3 sızıntı hacmi (mm^3) değişkenleri için kompomer ve Equia Forte HT gruplarına ait karşılaştırmalar Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Kompomer ve Equia Forte HT grupları arası AgNO_3 sızıntı yüzdesi ve AgNO_3 sızıntı hacminin karşılaştırmaları.



Şekil 3.2. Equia Forte HT restoratif materyalinin dişin bukkal yüzeyindeki Mikro-BT görüntüleri (a,b), aynı örnekte sızıntı bulgusu olarak tespit edilen AgNO_3 hacminin görüntüsü (c).



Şekil 3.3. Kompomer materyalinin dişin lingual yüzeyindeki Mikro-BT görüntüleri (d,e), aynı örnekte sızıntı bulgusu olarak tespit edilen AgNO_3 hacminin görüntüsü (f).

Boya penetrasyon yöntemi ile yapılan değerlendirme için, kompomer ve Equia Forte HT ile yapılan restorasyonların oklüzal ve gingival yüzeylerinden alınan kesitsel görüntülerden AgNO_3 penetrasyon derinlikleri, 3 değer içinde en çok tekrarlayan değer baz alınarak skorlanmıştır. Her iki restoratif materyalin sızıntı skor değerleri Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Gingival ve oklüzal sızıntı skoru için kompomer ve Equia Forte HT arasındaki istatistiksel karşılaştırma.

		Kompomer		Equia Forte HT		p değeri
		n	%	n	%	
Gingival	0	19	79,1	15	62,5	0,358 ^a
	1	1	4,2	1	4,2	
	2	1	4,2	5	20,8	
	3	3	12,5	3	12,5	
Oklüzal	0	24	100,0	23	95,8	1,000 ^a
	1	0	0,0	0	0,0	
	2	0	0,0	0	0,0	
	3	0	0,0	1	4,2	

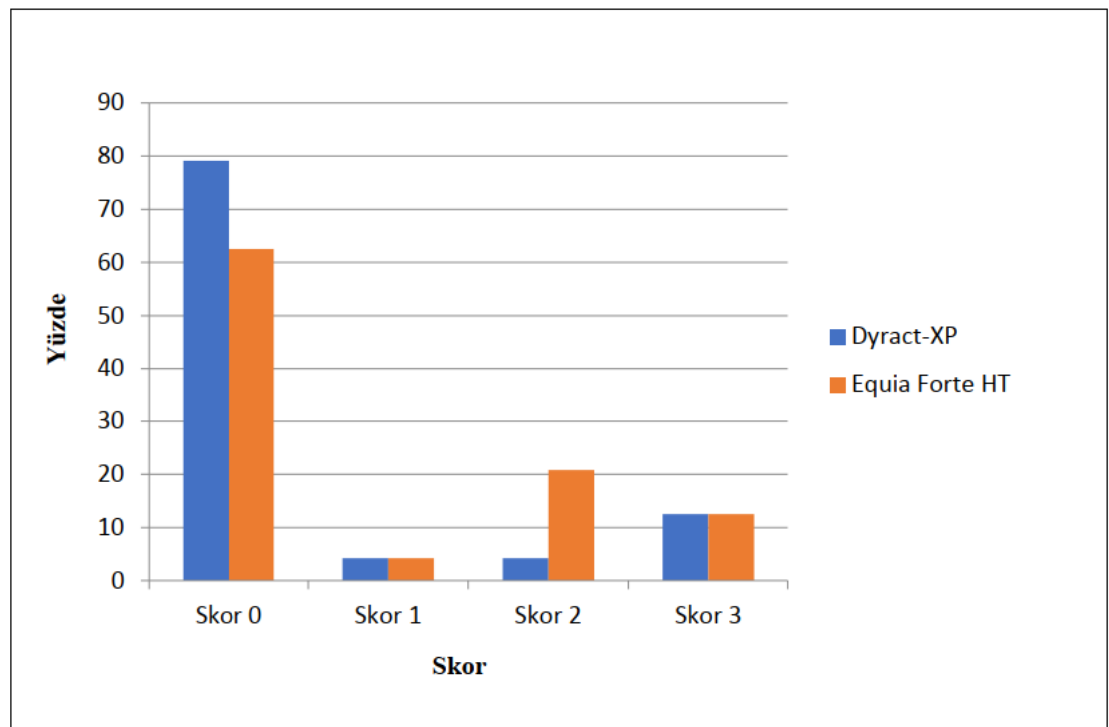
a:Fisher-exact testi, 0:Sızıntı Yok, 1: Kavite Derinliğinin ½’si veya Daha Az Sızıntı, 2: Kavite Derinliğinin ½’sini Aşan Sızıntı, 3: Kavite Tabanı ve Aksiyal Duvarı Sızıntı

Kompomer için gingivaldeki sızıntı skorlarına bakıldığında 19 dişte hiç sızıntı yok iken, bir dişin skor 1, bir dişin skor 2 ve üç dişin ise skor 3 değerine sahip olduğu görülmüştür. Kompomer için oklüzal sızıntı skoruna bakıldığında ise hiçbir dişte sızıntı gözlenmemiştir.

Equia Forte HT için gingival sızıntı skoruna bakıldığında 15 dişte hiç sızıntı gözlenmezken, 1 dişin skor 1, 5 dişin skor 2 ve 3 dişin ise skor 3 değerine sahip olduğu görülmüştür. Equia Forte HT için oklüzal sızıntı skoruna bakıldığında ise 23 dişte hiç sızıntı gözlenmezken, sadece 1 dişin skor 3 değerine sahip olduğu gözlenmiştir.

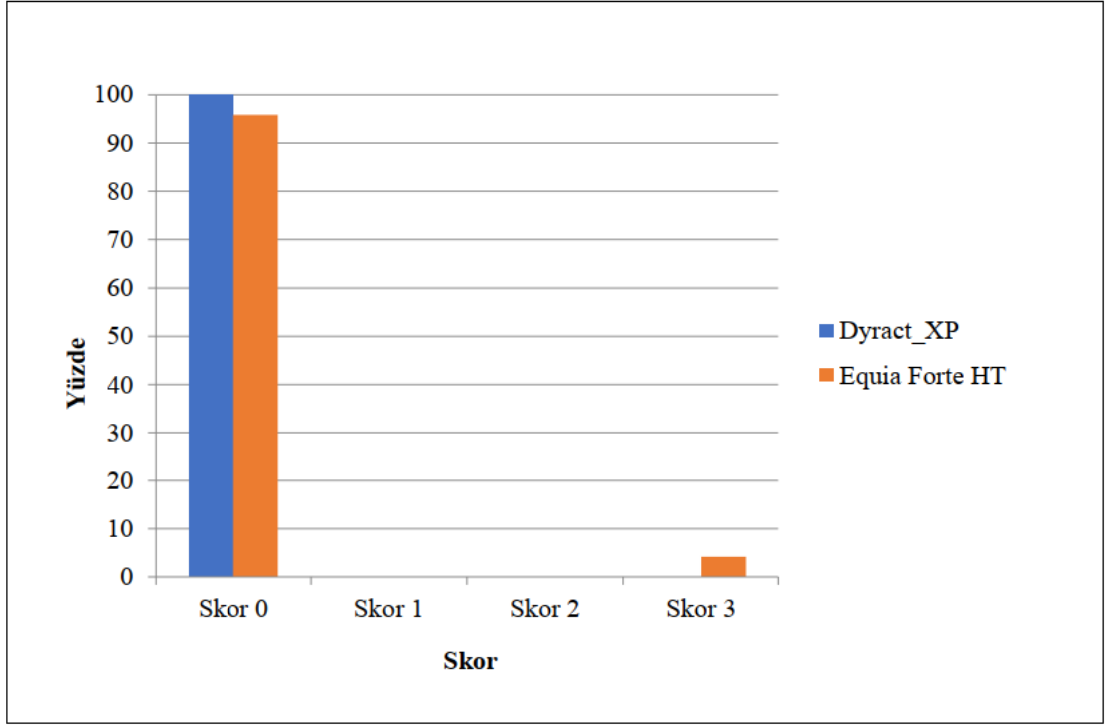
Gingival ve oklüzalde sızıntı skorları bakımından kompomer ve Equia Forte HT dolgu malzemeleri arasında yapılan istatistiksel değerlendirmede gingivalde ($p>0,05$) ve oklüzalde ($p>0,05$) anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Gingival sınırlarda sızıntı skorlaması için kompomer ve Equia Forte HT dolgu malzemeleri arası karşılaştırma ise Şekil 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.4. Gingival sızıntı skoru için kompomer ve Equia Forte HT arası karşılaştırmalar.

Oklüzal sınırlarda sızıntı skorlaması için kompomer ve Equia Forte HT dolgu malzemeleri arası karşılaştırma ise Şekil 3.5’de verilmiştir.



Şekil 3.5. Oklüzal sızıntı skoru için kompomer ve Equia Forte HT arası karşılaştırmalar.

4. TARTIŞMA

Süt dişlenme dönemi, daimi dişlenme dönemine rehber olması açısından önem taşımaktadır. Süt dişi çürükleri tedavi edilmediğinde, ağrı, iltihap, erken süt dişi kaybı, maloklüzyon, büyüme ve gelişim geriliği, beslenme bozukluğu, konuşmada problemler, gastrointestinal sistemde bozukluklar meydana gelmektedir. Buna bağlı olarak da çocukta özgüven eksikliğine, yaşam kalitesinde azalmaya yol açmaktadır (Ramos-Gomez ve ark., 2003; Weintraub, 1998).

Tüm önlemlere rağmen çürük hala süt dişlenmede önemli bir yer tutmakta, çocuk hastaların yaşam kalitelerini negatif yönde etkileyen sık görülen bir sorun olmaya devam etmektedir (Ramos-Jorge ve ark., 2015). Bu nedenle çocukluk çağının sağlıklı bir şekilde geçirilmesi için süt dişi çürüklerinde restoratif materyal kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Süt dişlerine uygulanan restoratif tedaviler sayesinde diş yapısı orijinal formunu korumakta, dişlerin yer değiştirmesinin önüne geçilmekte, diş pulpası korunmaktadır (AAPD, 2016).

Süt dişi morfolojik ve histolojik özellikleri daimi dişlerden farklı olduğu için, restoratif materyal gereksinimleri de farklılık göstermektedir (AAPD, 2008). Süt dişleri ağızda kısa süre kaldıkları ve çocuk hastada kısıtlı çalışma süresi de restoratif materyal seçimini etkilemektedir (Hickel ve ark., 2005).

Süt dişi restoratif materyalleri olarak geçmişten günümüze amalgam, GCİS, RMCİS, YVCİS, kompomer ve kompozit rezinler kullanılmıştır (Dhar ve ark., 2015). Minimal invaziv diş hekimliği prensibinin popüler hale gelmesi ile kompomer gibi adeziv özellikli restoratif materyaller kolay uygulanabilirlikleri, hastaların estetik beklentilerini karşılamaları ve fonksiyonel performans sağlamaları açısından tercih edilmeye başlanmıştır (Dhar ve ark., 2015).

Kompomerler, süt dişi restoratif tedavilerinde altın standart olarak kullanılan materyallerdir. Flor salınımı yapmaları, kompozitler gibi estetik olmaları, ışıkla

sertleşme, kolay uygulanma, asit uygulama aşamasına ihtiyaç duymama gibi özellikleri süt dişi restoratif tedavilerinde kompomerlerin kullanımını cazip kılmaktadır (Dhar ve ark., 2015). Bununla birlikte günümüzde çiğneme kuvvetlerine dayanıklı, diş yapısı ile benzer fiziksel ve mekanik, estetik açıdan da tatmin edici özelliklere sahip ideal bir restoratif materyal elde etmek amacıyla araştırmalar hala devam etmektedir (Barreto ve ark., 2015). Rezin materyallerde yaşanan gelişmelerle birlikte; halen marjinal adaptasyonda yetersizlik, retansiyon eksikliği ya da uygulayıcı hataları nedeniyle mikrosızıntı gelişmesi gibi başarısızlığa neden olan çeşitli etkenler söz konusudur (Ilie ve Hickel, 2011; Karaman ve Ozgunaltay, 2014). Çocuk diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyallerden gelişime en açık ve uzun vadede güven oluşturabilecek olanlar da cam iyonomer simanlardır (Croll ve ark., 2001; Donly ve ark., 1999).

YVCİS'ların son zamanlarda üretilen tipleri, klinik ve in-vitro çalışmalarda başarılı bulunmaktadır. YVCİS'lardan olan cam hibrit siman, GCİS'ların geliştirilmesi ile elde edilmiş, diş hekimlerinin kullanımına sunulmuştur (Çapan ve Akyüz, 2016b). Cam hibrit simanlardan Equia sistem, pratik kullanımı ve estetik özellikleri ile daimi restorasyon materyali olarak rezin kompozitlere alternatif olarak gösterilmiştir (Basso ve ark., 2015).

Süt dişleri ve daimi dişlerde Equia Forte materyalinin klinik başarısını test eden çalışmalar yapılmıştır (Akça, 2021; El-Bialy ve ark., 2020; Gok Baba ve ark., 2021; Koc Vural ve ark., 2020). Bu çalışmalara göre Equia Forte materyalinin süt dişlerinde daimi restorasyon materyali olarak kullanımı güvenli bulunmuş, daimi dişlerde de rezin içerikli materyallere benzer başarıyı sergilediği görülmüştür. Gok Baba ve ark. (2021) süt dişi sınıf II restorasyonlarda rezin içeriğe sahip Dyract Xp ile Equia Forte materyallerinin 12 aylık klinik başarısını değerlendirdikleri çalışmalarında, tüm restorasyonları, kenar renklenmesi, anatomik form, kenar ve renk uyumu kriterleri açısından başarılı bulmuşlardır. Akça (2021), Equia Forte ve kompomer (Dyract Xp) ile restore edilmiş süt dişlerinde oluşturulmuş sınıf II kavitelere materyallerin klinik ve radyografik başarılarını karşılaştıran bir tez çalışması yapmış, bu iki grubu 1., 6. ve 12. aylarda değerlendirmiştir. 12 ay sonunda

elde edilen verilere göre, Equia Forte'un sınıf II kavitelerde kabul edilebilir bir restoratif materyal olduğu, süt dişi restorasyonlarında kullanılabilecek alternatif bir materyal olabileceği sonucuna varılmıştır. El-Bialy ve ark. (2020), çalışmalarında Equia ve Equia Forte materyallerini yüksek çürük riskine sahip hastaların daimi dişlerine uygulayarak, materyallerin sınıf I restorasyonlardaki klinik başarısını değerlendirmişlerdir. 12 ay sonunda her iki materyal de başarılı bulunmuş, aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı belirtilmiştir. Koc Vural ve ark. (2020), 24 ay takipli klinik başarayı değerlendirdikleri çalışmalarında, çürüksüz servikal bölgelere uyguladıkları Equia Forte ve kompozit rezinin (Ceram X One) klinik başarılarını değerlendirmiş, Equia Forte materyali %84,1, kompozit ise %90,5 sağkalım göstermiştir.

Equia Forte HT de çalışmalarda başarılı bulunan cam hibrit simanların estetik özellikleri geliştirilmiş bir formu olup süt ve daimi dişlerde restoratif materyal olarak kullanımı iddialı bulunmaktadır. Daha önce yapılmış, Equia Forte'un başarısının kanıtlandığı çalışmalara dayanarak çalışmamızda da Equia Forte HT'nin altın standart olarak kabul ettiğimiz kompomer ile klinikte uygulanabilirliği in-vitro koşullarda test edilmiştir.

ekilmiş dişler ile yapılan in-vitro çalışmalarda çeşitli saklama solüsyonları kullanılmaktadır. Distile su, salin, kloramin, formalin, timol bu solüsyonlardan sayılabilir (Rueggeberg, 1991). Saklama koşullarının dentin geçirgenliği ve bağlanma dayanımları üzerindeki etkisini araştıran bir çalışmaya göre salin solüsyonunda saklanan dişlerin dentin geçirgenliği artmış; distile su kullanılan dişlerin daha güvenilir sonuçlar verdiği görülmüştür (Goodis ve ark., 1993). Çalışmamızda da çekilen dişler +4⁰C de distile suda cam kavanoz içinde saklanmıştır.

Bağlanma ile yapılan in-vitro çalışmalarda dentin yapısının etkilenmemesi için çekilen dişlerin, restorasyonları tamamlanana kadar solüsyonda bekleme süresi 6 ay olarak sınırlanmalıdır (Lee ve ark., 2007). Çalışmamızda diş çekimleri tamamlandıktan sonra 6 ay içinde deneylerin tamamlanmasına zen gösterilmiştir.

Dental restoratif materyallerin başarısı değerlendirilirken; kavitenin dizaynı da etkili olmaktadır (dos Santos ve ark., 2009). Çalışmalarda tercih edilen kavite şeklinin mikrosızıntı faktörünü etkilediği tespit edilmiştir (Raskin ve ark., 2001; Türkün ve Ergücü, 2004). Boya sızıntısının araştırıldığı çalışmalarda sınıf I, sınıf II ve sıklıkla da sınıf V kaviteler tercih edilmektedir (Arslan ve ark., 2020; Bajabaa ve ark., 2021; Kalmowicz ve ark., 2015; Türkün ve ark., 2004). Sınıf V kavitelerde adezyon için ideal olan minimal yaklaşım ile preparasyon yapılmaktadır ve kavitelerin hazırlanması diğer kavite tipleri ile karşılaştırıldığında daha kolaydır. Aynı zamanda uygulayıcının standarda yakın kavitelerde çalışmasına da olanak vermektedir. Bu sayede operatörün hata riski ve tekniğe bağlı hassasiyet minimuma indirilmektedir. Sınıf V kaviteler mine ve dentin olmak üzere iki farklı dokuda sonlanmaktadır. Süt molar dişlerde genellikle arayüz çürüklerine rastlanmakta, bukkal ve lingual yüzeylerde kole bölgesinde ise daha az çürük gelişmektedir. Tüm bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda tezimizde de sınıf V kavitelerde çalışılması tercih edilmiştir.

Çalışmamızda tercih ettiğimiz alt süt ikinci azı dişleri, mesio-distal yönde geniş olup, diğer süt dişleriyle kıyaslandığında bukkal ve lingual yüzey morfolojileri birbirine yakındır. Tez çalışmamızda çekilmiş alt süt 2. molar dişlerin bukkal ve lingual yüzeylerine farklı iki restoratif materyal uygulanmıştır. Bu sayede restoratif materyallerin diş dokuları ile yaptığı bağlantıyı karşılaştırırken diş yapısıyla ilgili farklılıklar mümkün olduğunca standardize edilmeye çalışılmıştır.

Çalışmamızda kavitelerin dizaynı, seçilen frezler, polisaj aşamaları ve ışık kaynağı standardize edilmiştir. Hekim kaynaklı değişkenlerin önüne geçilmesi amacıyla, yapılan çalışmalarda restorasyonların tek bir hekim tarafından uygulanması önerilmektedir (Opdam ve ark., 2018). Tez çalışmamızda da uygulama tek hekim tarafından yapılmıştır (B.Z). Çalışmada her iki restoratif materyal de üretici firmaların talimatlarına göre uygulanmıştır.

Kaviteye yüzey işlemi uygulanmaksızın smear varlığında dahi CİS'lar diş dokusuna bağlanabilmektedirler. (Mak ve ark., 2002; Yeşilyurt ve ark., 2008). Asit

uygulamasý ile smear tabakasının kaldýrýlmasý, diř yüzeyini demineralize hale getirmekte ve yüzey alanýnÝ artýrmaktadýr. Böylelikle CS'ýn diř yüzeyine mikro-mekanik baēlanmasý artmaktadır (Van Meerbeek ve ark., 2006). CS'lerin diř yüzeyine baēlanma kuvvetinin, zayıf asitlerle yüzey düzenleme iřlemi sayesinde arttıēı tespit edilmiřtir. Zayıf asit kullanımı ile kavitenin dentin yüzeyi demineralize olarak 1µm derinliēinde bir penetrasyon gerēekleřmektedir. Bununla birlikte kuvvetli asit kullanımının kollajen aēını gerektiēinden fazla aēarak CS'ýn baēlanma kuvvetini olumsuz yönde etkilediēi de bildirilmiř, poliakrilik gibi zayıf asitler CS'ýn baēlanmasý iēin ideal bulunmuřtur (Powis ve ark., 1982). Poliakrilik asit aynı zamanda CS'ýn da yapısında bulunup materyalle diř arasında tortu olarak da kalmamaktadır. Zayıf asit kullanımı, diř yüzeyini ıslanabilir hale getirerek dentinden kalsiyum ve fosfatın aktivasyonunu saēlamaktadır (Watson, 1999). Yapılan bir ēalıřmaya göre, smear tabakasının mine yüzeyini %10-20'lik poliakrilik asit veya %34-37'lik fosforik asit ile przlendirilmesinden sonra 20-30 sn su ile yıkanıp kurutularak kaldýrýlmasýnÝn CS'ýn diř ile baēlanma kuvvetini artýracaēı tespit edilmiřtir (Glasspoole ve ark., 2002). Conditioner kullanımı baēlanmayı artýrmakla birlikte kesin sonuēlar iēin uzun dönem ēalıřmalara da ihtiyaē duyulmaktadır (de Melo Avila ve ark., 2019).

Hoshika ve ark. (2021)'nÝn bir arařtırmasýna göre; conditioner uygulanmış ve uygulanmamış örnekler, baēlanma dayanımı ve restorasyon-dentin birleşim morfolojisi aēısından incelenmiş; gruplar arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Bununla birlikte Equia Forte HT kullanımı sırasında üretici firma talimatlarına göre kavitelere %20 poliakrilik asit iēerikli kavite conditioner uygulanmasý önerilmektedir. Daha önce yapýlmıř Equia ve Equia Forte ile ilgili klinik başarıları deēerlendiren birēok araştırmada da conditioner kullanılmıştır (Gürgan ve ark., 2020; Gürgan ve ark., 2017; Heck ve ark., 2020; Kaya ve Tirali, 2013; Trkn ve Kanık, 2016). ēalıřmamızda ēekilmiř dişlerin bukkal kavitelere Equia Forte HT restoratif materyalleri uygulanırken; öncesinde kavite yüzeylerine, smear tabakasını uzaklaştırarak baēlanmayı artýrdıēı düşünmesiyle %20 poliakrilik asit iēerikli kavite conditioner uygulanmıştır.

Equia Forte HT restorasyonunun tamamlanmasının ardından üretici firma, restorasyon yüzeyinin Equia Forte Coat ile kaplanmasını önermektedir. Equia Forte Coat, 40 nm silika doldurucular ile yüksek oranda doldurulmuş olup bu doldurucuların materyalde homojen dağılmasını sağlayan bir teknolojiye sahiptir. Aynı zamanda hidrofilik bir yapıda olup düşük viskoziteye sahiptir. Bu özellikleri sayesinde Equia Forte Coat, restorasyon yüzeyi ve kenarlarını örtmekte, aşınma ve dolgu renklenmesini engellemektedir. Equia Forte Coat, ışıkla sertleşmesi sırasında bazı monomerlerin buharlaşmasına izin vererek restorasyonun havadaki oksijenle temasını sınırlamaktadır. Bu sayede oksijen inhibisyon tabakası oluşmamakta, yüzey pürüzsüz, parlak olmaktadır (Basso ve ark., 2015).

Erdoğan (2019), süt dişi sınıf II restorasyonların klinik başarısını, kompomere (Dyract Xp) alternatif olarak Cam Karbomer Siman (GCP Glass Fill) ve Equia Forte Coat kullanılmaksızın uygulanan cam hibrit siman (Equia Forte Fil) ile karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir. Restorasyonları, 1.hafta, 6.ay ve 12.ay kontrollerinde değerlendirmişlerdir. 12 ayın sonunda yapılan klinik değerlendirmelerde, süt dişi sınıf II restorasyonlarında kompomeren başarısı, cam karbomer siman ve Coat uygulanmadan kullanılan Equia Forte materyaline göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Erdoğan (2019), çalışmalarında rezin örtücüsü uygulanmadığında Equia Forte'un yeterli klinik performansı sergileyemediği sonucuna varmıştır.

Klinik şartlarda rezin kompozit ile coat uygulaması yapılarak Equia Forte HT'nin karşılaştırmalı olarak yüzey yapısının değerlendirildiği bir tez çalışmasında; 2. hafta ve 3. Ayda materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmezken 6. ay ve 12. ayda anlamlı farklılıklar görülmüştür. Bu sonuçlar, zamanla yüzey örtücüsünün işlevini yitirdiğini, düzenli aralıklarla yenilenmesi gerektiğini düşündürmüştür (Uyumaz, 2021).

Habib ve ark. (2021) çalışmalarında, mikrosızıntının önüne geçmek amacıyla cam iyonomer restorasyonların yüzey örtücüleriyle kullanımını savunmuşlardır. Çalışmalarında Equia Forte ve RMCİS (Fuji II LC) ile yapılan restorasyonlar, Equia

Forte Coat ve universal adeziv kullanılarak yüzey kaplama aşamasıyla tamamlanmıştır. Çalışmanın sonucunda yüzey kaplama malzemeleri arasında önemli bir fark olmaksızın, yüzey kaplama materyali kullanılan alt gruplarda mikrosızıntının önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Tüm bu çalışmalar göz önünde bulundurularak çalışmamızda da Equia Forte HT restorasyonları, bitim işlemlerinin ardından, marjinal adaptasyonun artırılması amacıyla Equia Forte Coat ile kaplanmıştır.

Dental restorasyonlarda diş rengi ile uyumlu materyaller kullanıldığında parlak, pürüzsüz yüzey bitimleri ve estetik bir bitim amaçlanmıştır (Antonson ve ark., 2011). Yüzey pürüzlülüğünün zamanla artması sonucu kenar uyumunda bozulmalar ve renklenmeler görülmekte, restorasyonda başarısızlıklar meydana gelmektedir. Dental restorasyonlarda bitim ve polisaj aşamaları, estetik sonuçlar elde etmek açısından önemlidir. Bitim ve polisaj işlemi tamamlanmayan bir restorasyonda oral hijyeni sağlamak da zor hale gelmekte, plak birikimi artmaktadır (Özcan ve ark., 2012). Restorasyon-diş birleşiminde uyumsuzlukların görüldüğü alanlarda mikrosızıntı oluşması sonucu, ikincil çürükler ve dişte hassasiyet problemleri meydana gelecektir (dos Santos ve ark., 2009). Bu tarz problemlerin önüne geçilmesi amacıyla, restoratif materyallerin bitirme işleminin ardından diskler ile parlatma işlemlerinin yapılması sonucunda düzgün bir restorasyon yüzeyinin elde edileceği belirlenmiştir (Aydın ve Özalp, 2021; Özgünaltay ve ark., 2003). Tez çalışmamızda da her iki materyalin de uygulandığı restorasyonların yüzey bitim ve parlatma işlemleri Sofleks diskler yardımıyla tamamlanmıştır.

Diş hekimliğinde kullanılan materyallerin performanslarını değerlendirmek için in-vitro ve in-vivo çalışmalar yapılmaktadır (Lee ve ark., 2007). Piyasaya yeni sürülen materyallerle ilgili çalışmalar da öncelikle in-vitro testlerle yapılmaktadır. İn-vitro testler, in-vivo testler ile karşılaştırıldığında daha basit ve ekonomik olup aynı zamanda daha hızlı sonuçlar vermektedir. İn-vivo çalışmalarda solunum, çiğneme basıncı, besinlerin meydana getirdiği ısı ve pH değişimleri gibi bazı etkenlerin varlığı, restoratif materyallerin fiziksel ve kimyasal yapısında değişikliklere sebep olmaktadır. Ağız ortamında bakteri varlığı, tükürük, sıcaklık değişimleri, çiğneme kuvveti ve kişinin oral hijyeni de restorasyonların ömrünü etkileyen klinik

faktörlerdendir (Bernardo ve ark., 2007). Bu nedenle de restorasyonlarda meydana gelen başarısızlıkların sebebi tam olarak saptanamamaktadır. In-vitro çalışmaların bu noktada sağladığı avantaj, seçilen değişkenlerin incelenmesine olanak sağlamasıdır (Gale ve ark., 1999; Orhan ve FT, 2011). Çalışmamızda da in-vitro koşullar tercih edilmiştir. İn-vitro çalışmaların tüm avantajlarına rağmen in-vivo çalışmalarla da desteklenmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

Diş hekimliğinde dental materyaller veya kullanılan tekniklerle ilgili in-vitro çalışmalarda etik açıdan kabul edilebilirlik, tekrarlanabilirlik, yöntemlere hız katması açısından mekanik cihazların kullanılması avantaj sağlamaktadır. In-vitro çalışmalarda da ağız içi ortamı taklit etmek açısından termal ve yükleme siklus cihazları kullanılmakta, bu sayede örneklere klinik kullanıma eşdeğer dönüşümlü ısı ve kuvvet yüklemesi uygulanmaktadır (Atay ve ark., 2016). Böylelikle belirlenen süre boyunca ağız içi ortamın örneklerde eşit şartlarda taklit edilmektedir (Gülşah ve ark., 2012). Sınıf V restorasyonların marjinal sızdırmazlığını araştıran bazı çalışmalarda, çift yönlü mekanik yüklemenin bükülme kuvveti meydana getirmesi nedeniyle restorasyonların başarısı üzerinde etkisi olduğu belirlenmiştir (Heymann ve ark., 1991; Kubo ve ark., 2001; Litonjua ve ark., 2003). Sınıf V kavitelere yürüttüğümüz çalışmamızda da tüm örneklere dual akslı mekanik yükleme uygulanmıştır.

Şengün ve ark. (2005), farklı sayıda termal siklus uygulamasının bir kompozit rezin materyalinin marjinal sızıntısı üzerine etkisini araştırmış, diş ile restorasyon materyallerinin elastik modülleri ve termal genleşme faktörlerinin farklı olması sonucunda restorasyonun diş ile kontak yüzeyinde marjinal sızıntı geliştiğini, dolayısıyla restorasyonun klinik performansının etkilendiğini saptamışlardır. Ursavaş ve ark. (2021), farklı asitleme tekniklerini kullanarak uyguladıkları kompomer restorasyonların mikrosızıntılarını araştırdıkları çalışmalarında, örnekleri çiğneme simülatöründe 1 ve 3 yıla karşılık gelen bir sürede yaşlandırarak kontrol grubu ile karşılaştırmış; sızıntı değerlerinin yaşlandırma işlemi uygulanan gruplarda, yaşlandırma işlemi uygulanmayan gruptan daha yüksek olduğu sonucuna varmışlardır. Fakat bu fark istatistiksel olarak anlamlılık taşımamaktadır.

Çalışmamızda da tüm örnekler ağız ortamında ortalama bir değer olarak 1 yıl kullanıma denk gelecek şekilde yaşlandırılmıştır. Çalışmamızda kullandığımız dual ağız çiğneme simülatörü cihazı (Esetron Chewing Simulator, Turkey), 5-55°C arasında ısısal değışiklikleri de yansıttığından dolayı, örnekler ekstra bir ısı döngüsüne maruz bırakılmamıştır.

Dental restoratif materyaller, in-vitro şartlarda bazı testlerden geçmektedir. Yüzey pürüzlülüğü, renk değışimi, su emilimi ve suda çözünürlüğü, sıkışma ve kırılma dayanıklılıkları, mikrosertliği, diş yüzeyine bağlanma dayanıklılıkları karşılaştırılarak materyallerin klinikte kullanılabilirliği değerlendirilmektedir. Restorasyonun sağ kalımı için materyallerin sızdırmazlığı da oldukça önemlidir.

Dental restoratif materyallerin başarısı birçok faktöre bağlıdır. Laboratuvar ortamında şartlar standardize edildiğinde mikrosızıntının tespit edilmesi, dental restorasyonların başarısını ölçmek için en sık başvuru yöntemlerinden biridir (Hersek ve ark., 2002). Mikrosızıntı, restorasyon kenarlarında renklenmeler, kırıklar, sekonder çürükler, korozyon, post-operatif hassasiyet gibi istenmeyen durumlara yol açtığı için restorasyonun başarısında önemli bir kriterdir (Lindquist ve ark., 2001). Restoratif materyal ile diş dokusunun, mine ile dentinin termal genleşme katsayısının farklı olması, restoratif materyalin polimerizasyon sırasında büzülmesi, dolgu yüzeyinde zamanla aşınmalar meydana gelmesi, oklüzal strese maruz kalan dolgunun elastik deformasyon göstermesi, hekimin dolguyu yerleştirme aşamasında kurallara uymaması ve dikkatsizliği sonucu mikrosızıntı meydana gelmektedir (Çetiner, 1992; De Moraes ve ark., 1999).

Mikrosızıntı geçmişten günümüze çeşitli yöntemlerle tespit edilmiştir. Basıncılı hava, elektrokimyasal yöntemler, bakteri infiltrasyonu, taramalı elektron mikroskobu (TEM) ve en yaygın olarak kullanılan boya penetrasyon yöntemi de dahil olmak üzere çeşitli in-vitro yöntemler kullanılmıştır (Alani ve ark., 1997; Taylor ve ark., 1992). Bu yöntemler bazı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Tespit yöntemlerinden bazıları pahalı oldukları, kimyasal bir reaksiyona, radyasyona gerek duydukları için, tez çalışmamızda kolay temin edilebilen, hızlı bir ölçüm yapılmasına imkan veren

boyama yöntemine başvurulmuştur. Organik boyalar mikrosızıntının tespit edilmesinde en çok kullanılan kolay, ucuz ve en eski yöntemlerden biridir (Mueninghoff ve ark., 1990). Bugüne kadar boyama yöntemi ile yapılan sızıntı çalışmaları skorlama sistemleri ile değerlendirilmiştir. Diş ile restorasyon birleşiminden alınan birkaç kesit ile sızıntının ölçülmesi de bu yöntemin en önemli eksiğidir. Aynı zamanda sonuçlar, sızıntının yoğunluğu ile ilgili de bilgi vermemektedir. Yapılan bazı çalışmalarda, restorasyon üzerinde farklı yerlerden alınan kesitlerde boya sızıntısının önemli ölçüde değiştiği gözlenmiştir (Yavuz ve Atakul, 2001). Sızıntı çalışmalarında kesitsel değerlendirmelerde kullanılan ölçek ve skorlamaların da farklılık göstermekte olduğu, böylelikle çalışmaların karşılaştırılabilir olmadıkları da düşünülmektedir.

Boya penetrasyon testleri ile yapılan mikrosızıntı çalışmalarında diş-restorasyon ara yüzünün boyanması ile dentinin boyanması ayırt edilmelidir (Taylor ve ark., 1992). Bazik fuksin, metilen mavisi gibi boyalar örneklerin kesilmesi aşamasında yıkanıp akma eğiliminde olduğu için mikrosızıntı değerlendirmelerinin yapıldığı in-vitro çalışmalarda gümüş nitrat kullanılması önerilmektedir. Gümüş nitrat, sızıntı çalışmalarında oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bir bakteriye oranla gümüş iyonu oldukça küçüktür, böylelikle arayüz bölgesine kolaylıkla nüfuz ederek penetrasyon göstermektedir (de Goes ve Montes, 2004).

Bu teknik ile, değerlendirme metodunda standartlık sağlandığı takdirde objektif ölçümler ve kantitatif veriler elde edilebilmektedir. Bununla birlikte gümüş nitrat ile boyama tekniğinde, gümüş iyonunun cam iyonomer restorasyonların yapısına katılması ile boyanması gibi dezavantajları da vardır (Karadağ, 2005). Gümüş nitrat solüsyonu, sahip olduğu düşük pH değeri (3.4-4.5) ile restorasyon kenarlarında demineralizasyona sebep olabilmektedir. Bunun sonucunda da sızıntı değerleri gerçeği yansıtmamaktadır (Agee ve ark., 2003; Chan ve Jones, 1993). Amonyaklı gümüş nitrat kullanımı ile solüsyonun meydana getirdiği bu demineralizasyon problemi de aşılmıştır (Zhao ve ark., 2014). Türkiye’de amonyum AgNO_3 üretimi olmadığı için çalışmamızda bazı yerel çalışmalara benzer geleneksel AgNO_3 kullanılmıştır (Aydın ve ark., 2020; Ursavaş ve ark., 2021). Çalışmamızda AgNO_3

çözeltilisinde bekletilen örnekler, Ag iyonunun metalik gümüşe indirgenmesi amacıyla 2. banyo solüsyonunda bekletilmiştir (Sano ve ark., 1995; Tay ve ark., 2002).

Mikrosızıntı araştırmalarında kullanılan geleneksel boya penetrasyon yönteminde, restorasyon kenarlarından sızan boya materyalinin dişlerden kesitler alınarak TEM’de incelenip skorlanmasıyla değerlendirmeler yapılmaktadır (Habib ve ark., 2021; Hasani ve ark., 2019; Magni ve ark., 2008; Singh ve ark., 2021). Restoratif materyallerin mikrosızıntılarını araştıran güncel marjinal adaptasyon çalışmalarında ise Mikro-BT kullanılarak değerlendirmeler yapılmaktadır. Mikro-BT’nin marjinal sızıntı çalışmalarında kullanımını araştıran bazı çalışmalar yapılmıştır. Rengo ve ark. (2015), daimi azı dişlerinde sınıf V kompozit restorasyonların marjinal sızıntı ölçümlerini Mikro-BT ve TEM ile karşılaştırmıştır. Mine ve dentinde aynı bölgeye denk gelen mikrosızıntı skorları Mikro-BT ve TEM’de karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. İki yöntem arasında kaydedilen yüksek uyum, adeziv restorasyonların arayüzey sızıntısını değerlendirmede Mikro-BT’nin düşük büyütme TEM kadar güvenilir olduğuna işaret etmektedir. Bu çalışmaya göre, adeziv restorasyonların marjinal sızıntısını kantitatif değerlendirmek için Mikro-BT, geçerli bir yöntem olarak gösterilmiştir Mikro-BT ile restorasyon ve diş dokularının 3 boyutlu görüntüleri elde edilebilmektedir (Demirel ve ark., 2021). Böylelikle Mikro-BT cihazı, günümüze dek yapılan boya penetrasyon sisteminin kullanıldığı sızıntı çalışmalarının 3 boyutta daha kapsamlı olarak değerlendirilmesine imkan vermektedir.

Mikrosızıntı, Mikro-BT cihazında boya penetrasyon yöntemi ile de tespit edilebilmektedir. Nie ve ark. (2018) akışkan kompozit materyallerin polimerizasyon büzülmesini karşılaştırdıkları çalışmalarında, sınıf II kaviterlerin servikal bölgelerinde oluşan $AgNO_3$ sızıntısını mikro-BT ile taradıkları örneklerden bukkolingual yönde aldıkları 30 adet kesitten skorlama yaparak karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir. Aynı şekilde Jacker-Guhr ve ark. (2016), sınıf V kaviterlerde kompozit restorasyonların mikrosızıntılarını araştırdıkları çalışmalarında Mikro-BT kullanarak boya penetrasyon yöntemi ile değerlendirme yapmışlardır. Çalışmamızda

da kesitsel değerlendirmeler sınıf V kavitelerden bukkolingual yönde alınan 3 adet bölgeden AgNO₃ sızıntısı skorlanarak boya penetrasyon yöntemi ile yapılmıştır.

Zhao ve ark. (2014), daimi molar dişlerde sınıf V kompozit restorasyon materyallerinin servikal ve oklüzal sınırındaki marjinal sızıntıyı Mikro-BT ile tarayıp 3 boyutlu bir görüntü elde etmiş, sonrasında tüm restorasyonları orta hatlarından ikiye ayırarak stereomikroskopta sızıntı açısından skorlamışlardır. Aynı noktalardan hem Mikro-BT hem de stereomikroskop ile ölçülen sızıntı derinlik ölçümlerini skorlayarak birbirleriyle karşılaştırmış, servikal duvarda oluşan sızıntı değerlerinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Bu alışma ile dentinde uygulanan kompozit rezin restorasyonlarda Mikro-BT'nin geleneksel mikroskop yöntemiyle uyumlu sonuçlar verdiği, minede daha düşük bir doğrulukla çalışılabileceği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada sızıntı üç boyutlu olarak görüntülenmiştir. Buna rağmen sadece dişlerin merkezlerinden alınan bir kesitte mikrosızıntı değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışma yürütülürken 3 boyutlu görüntülerde dolgu ve diş arayüzeyinde gelişen sızıntının kavite boyunca eşit şekilde dağılmadığı grlmştir. Bundan dolayı çalışmamızda restorasyon materyallerinin etrafındaki sızıntıyı değerlendirirken hem boya penetrasyon yöntemi ile kesitsel olarak, hem de geleneksel yöntemlerden farklı, üç boyutlu bir değerlendirme tercih edilmiştir. Mikro-BT kullandığımız çalışmamızda örnekler zarar görmediğinden dolayı ölçümlerin tekrarlanması ve örneklerin başka çalışmalarda kullanılması da mümkün hale gelmiştir. Ayrıca alışmamızda mikrosızıntı, restorasyonlar ve restore edilmiş diş görüntüsü 3 boyutlu olarak dijital ortamda saklanabilmektedir.

Nguyen (2007), %50 AgNO₃ zeltisinin Mikro-BT ile kullanımının başarılı sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Gümüş iyonlarının küçük boşluklardan sızıp restorasyon-diş arayüzeyine elmeleri, x-ışınıyla görüntülenen metalik inklüzyonlar oluşturmaları sayesinde Mikro-BT ile AgNO₃ sızıntısı başarıyla görüntülenmektedir. Mikro-BT incelemelerinde örnekler, nicel ve nitel değerlendirilebilmektedir. Sızıntı değerleri hacimsel olarak bazı özel yazılımlar sayesinde ölçülebilmekte aynı zamanda ayrıntılı görsel değerlendirmeler yapılabilir. Mikro-BT sayesinde diş dokuları, restoratif materyaller, internal

boşluklar ve sızan boya materyalleri üç boyutlu olarak ayırt edilebilmektedir (Demirel ve ark., 2019; Hirata ve ark., 2018). Demirel ve ark. (2022), yaptıkları bir çalışmada, invaziv ve non-invaziv tekniklerle uygulanan farklı içeriğe sahip fissür örtücülerde marjinal sızıntıyı değerlendirmiş, Mikro-BT kullanarak sızan AgNO₃ hacmini karşılaştırmışlardır. Çalışmamızda da restorasyon-diş arayüzeyinden sızan AgNO₃ ile değerlendirmeler, Mikro-BT ile üç boyutlu olarak aynı zamanda boya penetrasyon yöntemi ile kesitsel olarak yapılmıştır.

Bugüne kadar TEM ile yapılan mikrosızıntı ile ilgili çalışmalarda boya penetrasyon yöntemi kullanılarak değerlendirmeler yapılmış ve Equia Forte diğer restoratif materyaller ile karşılaştırıldığında başarılı bir materyal olarak tanımlanmıştır (Ali ve ark., 2019). Bununla birlikte yapılan sızıntı değerlendirmelerinde boya penetrasyon yönteminin güvenilirliğini sorgulayan, mikrosızıntının geleneksel yöntemlerle araştırılmasının üç boyutlu görüntülerle doğrulanarak karşılaştırıldığı az sayıda çalışma bulunmaktadır (Zhao ve ark., 2014).

Yaptığımız tez çalışmasında 1 yıllık yaşlandırma işlemi uygulanmış Equia Forte HT ve kompomer restorasyonlarında mikrosızıntı Mikro-BT kullanılarak, üç boyutlu olarak hacimsel ve Mikro-BT ile alınan kesitler üzerinde AgNO₃ boya penetrasyon yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Üç boyutlu ölçümlerde değerlendirmeler bir standardizasyon sağlanması amacıyla sızan AgNO₃ hacmi, total kavite hacmine oranlanarak yüzde cinsinden elde edilen veriler üzerinden yapılmıştır. Mikro-BT ile yapılan hacimsel değerlendirmelerde sızıntı yüzdeleri, kompomer grubunda (3,01±0,89), Equia Forte HT grubunda (1,58±0,75) olup, kompomer grubunda sızıntı yüzdeleri Equia Forte HT'den istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Yapılan literatür araştırmalarında sızıntı hacminin total kavite hacmine oranlanarak mikrosızıntının karşılaştırıldığı bir çalışma bulunamamıştır. Yaptığımız çalışmada bugüne kadar yapılan sızıntı çalışmaları ile karşılaştırılabilir değerler elde etmek açısından kaviteden sızan AgNO₃ hacmi de hesaplanıp karşılaştırılmıştır. Çalışmamızda sınıf V kavitelere uygulanan kompomer materyalinden sızan AgNO₃ hacmi ortalama 0,71 mm³, Equia Forte HT'de 0,37 mm³ olarak bulunmuştur.

Ursavaş ve ark. (2021), sınıf II kavitelere uygulanan kompomer restorasyonlardan sızan AgNO_3 hacimlerini 1 yıllık yaşlandırma sonrasında ölçmüş, dişlerde AgNO_3 sızıntı değerleri mm^3 cinsinden farklı asitleme tekniklerine göre ortalama olarak 0.001 ile 0.197 mm^3 aralığında bulunmuştur. Aydın ve ark. (2020) farklı adeziv materyallerinin farklı yaşlandırma protokolleri uygulandığında sınıf II kaviteleredeki sızdırmazlığını test etmişlerdir. Çalışmamızda olduğu gibi Mikro-BT cihazı kullanarak 1 yıllık yaşlandırma işlemi uyguladıkları restoratif materyallerden sızan AgNO_3 hacimlerini ortalama olarak 0.57 ile 1.01 mm^3 aralığında bulmuşlardır. Demirel ve ark. (2019), sınıf II kavitelere uyguladıkları kompozit restorasyonları ile yaptıkları çalışmalarında restorasyonlarda oluşan boşlukları Mikro-BT ile üç boyutlu olarak değerlendirmiş olup bu değerleri 0,35-0,85 mm^3 aralığında bulmuştur. Bu çalışmalarda elde edilen AgNO_3 ve boşluk formasyonunun hacim değerleri, bizim çalışmamızda rezin içerikli restoratif materyal olan kompomerden sızan AgNO_3 hacminin değerleriyle (ort. $0,71 \pm 0,21 \text{ mm}^3$) uyum içerisindeydi.

Araştırmamızda üç boyutlu değerlendirmenin yanında, Mikro-BT yardımıyla elde ettiğimiz görüntülerden, geleneksel olarak AgNO_3 ile boyama sonrasında örneklerin kesilerek stereomikroskop altında gözlemlenip skorlama ile sızıntının değerlendirildiği yöntemle benzer şekilde kesitsel değerlendirmeler de yapılmıştır. Boya penetrasyon yöntemi ile yapılan sızıntı çalışmalarında değerlendirmeler basit, anlaşılır ve kolay uygulanabilir olması açısından basamaklı olarak artan skorlama sisteminin kullanımı tercih edilmektedir (Williams ve ark., 2002). Tez çalışmamızda da kesitsel değerlendirme, kavitede sızan AgNO_3 penetrasyonunun derinliğine göre, daha önceden sınıf V kavitelere mikrosızıntıyı araştıran bazı çalışmalarda kullanılan skor sistemleri modifiye edilerek yapılmıştır (Kermanshah ve ark., 2017; Khoroushi ve ark., 2018). Çalışmamızda skorlama ile yapılan değerlendirmede oklüzal sınırda her iki restoratif materyalde de sızıntı gelişmediği görülmüştür. Gingival bölgede ise Equia Forte HT'de daha fazla dişte sızıntıya rastlanırken istatistiksel değerlendirmede her iki restoratif materyal arasında sızıntı açısından anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Ali ve ark. (2019), süt ve daimi dişlere uyguladıkları Equia Forte ve RMCİS'ların sınıf V kaviteilerin oklüzal ve gingival sınırlarındaki mikrosızıntılarını metilen mavisi kullanarak boya penetrasyon yöntemi ile stereomikroskopta skorlayarak karşılaştırmıştır. En yüksek sızıntı skorları Fuji II LC'de daha sonra Riva Light Cure materyalinde, en düşük skorlar ise Equia Forte materyalinde elde edilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmede de Equia Forte materyalinin uygulandığı örneklerde hem oklüzal hem de gingival kenarlarda mikrosızıntı anlamlı bir farkla düşük bulunmuştur. Bizim çalışmamızın sonuçları, üç boyutlu değerlendirme yöntemi kullanıldığında Equia Forte HT'nin, rezin içerikli kompomere oranla sızdırmazlık açısından daha başarılı sonuçlar verdiğinden dolayı bu çalışmanın sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

Gowda ve Guria (2019), daimi dişlerin sınıf I kavitelere uyguladıkları Equia Forte ve alkasit bazlı restoratif materyallerinin (Cention N) sızdırmazlığını karşılaştırmış, Equia Forte grubunu Cention N grubuna göre istatistiksel olarak daha başarılı bulmuşlardır. Çalışmamızda da aynı şekilde Equia Forte HT, rezin içerikli kompomere kıyasla daha sızdırmaz bulunmuş ve çalışmamızın sonuçları bu çalışma ile uyumluluk göstermiştir.

Karakaş ve Turgut (2021), Equia Forte, giomer (Beautifil II) ve kompozit rezinin (Solare X) mikrosızıntılarını sınıf V kaviteilerin oklüzal ve gingival sınırlarında stereomikroskopta karşılaştırmış, en fazla mikrosızıntıyı giomer grubunda tespit etmişlerdir. Equia Forte ve kompozit materyalleri dentin sınırında benzer sonuçlar vermesine rağmen minede Equia Forte daha sızdırmaz bulunmuştur. Yaptığımız çalışmanın boya penetrasyon yöntemi ile kesitsel olarak değerlendirilmesi sonucunda sınıf V kaviteilerin mine sınırlarında her iki materyalde de sızıntı gözlenmezken, dentin sınırında mikrosızıntı açısından Equia Forte HT ve kompomer arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Karakaş ve ark. (2021)'nin yaptığı çalışmada Equia Forte sızdırmazlık açısından, kompozit rezin (Solare X)'e alternatif bir materyal olarak gösterilirken, bizim çalışmamızda da Equia Forte HT'nin sızdırmazlığı, kompomere (Dyract Xp) alternatif bir materyal olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Çalışmamızın bulgularına göre, her iki restorasyondan sızan AgNO_3 'ın Mikro-BT'de yüzde cinsinden hacim değerlerinin kullanıldığı yöntemde mikrosızıntı açısından kompomer, Equia Forte HT'ye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla sızıntı göstermesine rağmen, boya penetrasyon yöntemi kullanılarak Equia Forte HT ile kompomer arasındaki sızdırmazlık değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Her iki materyaldeki AgNO_3 sızıntısı, boya penetrasyon yöntemi ile karşılaştırıldığında; sonuçlar 3 ayrı kesitte skorlanarak elde edilmiş olduğundan, sızıntının kesit alınan bölgeye denk gelmemesinden dolayı hacimsel ölçümlerin daha sağlıklı sonuç verdiği düşünülmüştür. Bu sebeple de çalışmamızda kullandığımız farklı değerlendirme yöntemlerinden, sızıntı hacminin değerlendirildiği üç boyutlu yöntemde elde ettiğimiz sonuçların daha güvenilir olduğunu düşünmekteyiz. Sızıntı hacminin değerlendirilmesinde de daha önceden Mikro-BT kullanılarak yapılan sızıntı çalışmalarının aksine sadece sızan boya maddesinin ya da restorasyon içerisindeki boşlukların hacmi ölçülerek değil, sızan boya materyalinin total kavite hacmine oranlanmasıyla daha standart verilerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmamızda kullanılan yöntemlerin farklı sonuçlar vermesinin diğer bir sebebi de; sızıntının üç boyutlu olarak az bir yayılma gösterdiği alanların bile kesitsel değerlendirmedeki skorlamaya dahil edilmesi veya tam tersi olarak skora yapılan kesitlere denk gelmeyen sızıntının üç boyutlu değerlendirmede total hacim hesaplamasına katılması olabileceğini düşünmekteyiz.

Yaptığımız çalışmada hacimsel değerlendirme sonucunda Equia Forte HT restoratif materyalinin sızdırmazlığı, kompomer materyalinden daha iyi bulunmuştur. Bunun sebebi Equia Forte HT materyalinin termal genleşme katsayısının diş ile uyumlu olması ve bu grupta restorasyonların Equia Forte Coat materyali ile kaplanması gösterilebilir. Bununla birlikte kompomer grubunda mikrosızıntının daha fazla olmasının sebebi ise materyalde meydana gelen polimerizasyon büzülmesi olduğu düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR

Cam Hibrit Restoratif materyallerden Equia Forte HT'nin süt dişi restoratif tedavilerinde rutinde kullanılan kompomer ile karşılaştırarak Mikro-BT ile AgNO₃ sızıntısını boya penetrasyon yöntemi ve üç boyutlu hacimsel olarak değerlendiren bu çalışmanın sınırları dahilinde řu sonuçlar elde edilmiştir;

1. İki farklı restorasyondan sızan AgNO₃, Mikro-BT ile üç boyutlu olarak karşılaştırıldığında Equia Forte HT materyali istatistiksel olarak anlamlı derecede daha sızdırmaz bulunmuştur. Birinci H₀ hipotezi, Equia Forte HT, kompomer materyalinden istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az sızdırmazlık gösterdiği için reddedilmiştir.
2. İkinci H₀ hipotezi, iki farklı restoratif materyalin sızdırmazlığının üç boyutlu ve boya penetrasyon değerlendirmelerinde farklı sonuçlar vermesi sebebiyle reddedilmiştir.
3. Equia Forte HT ve kompomer restorasyonlardan sızan AgNO₃, Mikro-BT kullanılarak boya penetrasyon yöntemi ile sınıf V kavitelerin oklüzal ve gingival sınırlarında skortlama sistemine göre değerlendirildiğinde her iki materyalde de sızdırmazlık açısından bir farklılık yoktur. Bununla birlikte çalışmamızda kullanılan sızıntının 3 boyutlu olarak Mikro-BT ile değerlendirilmesi sonucu Equia Forte HT materyalinde daha az sızıntı gelişerek daha başarılı bulunmuştur. Çalışmamızda AgNO₃ penetrasyonunun üç boyutlu değerlendirilmesinin, boya penetrasyon yönteminin skortlama sistemi ile iki boyutlu değerlendirilmesine kıyasla gerçeğe daha yakın sonuçlar vereceği düşünülmektedir. Buna bağılı olarak ileride yapılacak in-vitro sızıntı çalışmalarında Mikro-BT kullanılarak 3 boyutlu değerlendirmelerin yapılması önerilmektedir. Üç boyutlu sistemin kullanılamadığı durumlarda sınıf V kaviteler için dişler bukkolingual yönde

tüm kavite sınırını içerisine alacak şekilde çoklu kesitler alınarak Mikro-BT ile kesitsel değerlendirmeler yapılabilir.

4. Equia Forte HT'nin süt dişi restoratif materyali olarak sıklıkla kullanılan kompomere iyi bir alternatif olacağı düşünülmektedir. Çalışmamızda Equia Forte HT in-vitro şartlarda başarılı bir materyal olarak tespit edilmekle birlikte, materyalin klinik başarısının in-vivo çalışmalarla da desteklenmesine ihtiyaç vardır.



ÖZET

Süt Dişlerinde Cam Hibrit Restoratif Materyalin Marjinal Sızıntısının Mikro-Bilgisayarlı Tomografi İle Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi

Bu çalışmanın amacı, cam hibrit restoratif sistemlerden Equia Forte HT ve poliasit modifiye kompozit rezin esaslı Dyract Xp materyalleri kullanılarak süt dişlerinde uygulanan restorasyonlarda, restorasyon-diş ara yüzeyinde oluşan mikrosızıntının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir. Mikrosızıntı testleri Mikro-BT yöntemi ile hem üç boyutlu şekilde hem de Mikro-BT görüntülerinden elde edilen kesitsel görseller üzerinde boya penetrasyon derinliği ölçülerek iki boyutlu olarak değerlendirilmiştir. 24 adet çekilmiş alt süt ikinci molar dişin bukkal ve lingual yüzeylerine sınıf V kaviterler hazırlanmıştır. Bukkal yüzeyde hazırlanan kaviterler Equia Forte HT, lingual yüzeyde hazırlanan kaviterler ise Dyract Xp materyalleri ile restore edilmiştir. Ağız ortamını simüle etmek için hazırlanan örnekler 1 yıllık süreye denk gelecek şekilde çiğneme simülatöründe (Esetron Chewing Simulator) yaşlandırılmış olup, yaşlandırma sonrası örneklerle iki tabaka tırnak cilası uygulanmıştır. Tüm örnekler mikrosızıntı oluşturulması amacıyla %50'lik AgNO_3 çözeltisinde bekletilmiştir. Örnekler Mikro-BT cihazında (Skyscan 1275, Bruker, Kontich, Belgium) tarandıktan sonra restorasyon-diş arayüzeyinde gelişen mikrosızıntının üç boyutlu hacimsel analizi gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, örneklerin her bir yüzeyinden alınan 3 adet kesitsel görüntü üzerinde, oklüzal ve gingival alanlardaki mikrosızıntı düzeyleri, boya penetrasyon yöntemi ile skorlanarak belirlenmiştir. Üç boyutlu değerlendirmede, restorasyon-diş ara yüzeyinden sızan AgNO_3 hacminin tüm kavite hacmine oranı belirlenmiş ve veriler Fisher-Exact testi kullanılarak analiz edilmiştir. Boya penetrasyon derinliği ile yapılan değerlendirmeye ait veriler ise Student-t testi ve Mann-Whitney U testi kullanılarak analiz edilmiştir. Tüm istatistiksel analizlerde anlamlılık düzeyi 0.05 olarak kabul edilmiştir. Üç boyutlu değerlendirmede, Equia Forte HT grubunda sızıntı hacmi, Dyract Xp grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p<0.001$). Boya penetrasyon derinliği değerlendirmesinde ise, gingival ve oklüzalde sızıntı skorları bakımından Equia Forte HT ve Dyract Xp materyalleri arasında istatistiksel anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Bu çalışmanın sınırlılıkları dahilinde, süt dişlerinin restoratif uygulamalarında altın standart olarak kullanılan kompomerlere göre sunduğu daha üstün sızdırmazlık sonuçlarına dayanarak, Equia Forte HT'nin alternatif bir restoratif materyal olarak kullanılabileceği sonucuna varılabilir. Bununla beraber, mikrosızıntıyı değerlendiren araştırmalarda üç boyutlu olarak gerçeğe daha yakın sonuçlar sunan yöntemlerin kullanımı önerilebilir.

Anahtar Sözcükler: Cam hibrit restoratif sistem, Equia Forte HT, Süt dişi, Mikrosızıntı, Sınıf V, Mikro-BT.

ABSTRACT

Comparative Evaluation of Marginal Leakage of Glass Hybrid Restorative Material in Primary Teeth with Micro-Computed Tomography

The aim of this study was to compare the marginal microleakage at the restoration-tooth interface of class V cavities in primary teeth restored with glasshybrid restorative systems (Equia Forte HT) and polyacid modified composite resin materials (Dyract Xp) by three-dimensional and cross-sectional dye penetration method using Micro-CT. In this in vitro study, Class V cavities were prepared on the buccal and lingual surfaces of 24 extracted lower primary second molars. Equia Forte HT was applied to the buccal cavities while Dyract Xp was applied to the lingual ones. In order to mimic the oral environment, the samples were aged to correspond 1 years of time in the chewing simulator (Esetron Chewing Simulator) and after aging is completed, two layers of nail polish were applied to each sample. All samples were scanned with a Micro-CT device (Skyscan 1275, Bruker, Kontich, Belgium) after keeping in 50% AgNO₃ solution for 12 hours and a three-dimensional volumetric analysis of the microleakage that developed at the restoration-tooth interface was evaluated. In addition to the volumetric analysis, the microleakage levels in the occlusal and gingival areas on 3 cross-sectional images taken from both surfaces of the samples. were assessed with dye penetration method. In the three-dimensional evaluation, the ratio of the AgNO₃ volume leaking from the restoration edges to the total cavity volume was determined numerically, and statistically evaluated with the Fisher-exact test. For the evaluation of leakage in the cross-sectional images taken from the samples, Student-t and Mann-Whitney U tests were used. In all tests, statistical significance level was accepted as 0.05. According to the three-dimensional evaluation, the leakage volume in the Equia Forte HT group was significantly lower than the Dyract Xp group ($p < 0.001$). In dye penetration evaluation, no significant difference between Equia Forte HT and Dyract Xp materials were found in terms of gingival and occlusal leak scores ($p > 0.05$). Our study showed that glass hybrid restorative materials can be used as an alternative to the compomers that are routinely used in primary tooth restorations due to their lower microleakage properties. Also instead of traditional methods in studies investigating microleakage 3D evaluations can be more beneficial and recommended.

Keywords: Glass hybrid restorative system, Equia Forte HT, Primary tooth, Microleakage, Class V, Micro-CT.

KAYNAKLAR

- AAPD (2008). American Academy on Pediatric Dentistry Council on Clinical Affairs: Guideline on pulp therapy for primary and young permanent teeth. *Pediatr Dent*, **30**: 170-174.
- AAPD (2016). American Academy of Pediatric Dentistry: Guideline on restorative dentistry. *Pediatr Dent*, **38**: 250-262.
- AGEE KL, PASHLEY EL, ITTHAGARUN A, SANO H, TAY FR, PASHLEY DH (2003). Submicron hiati in acid-etched dentin are artifacts of desiccation. *Dental Materials*, **19**: 60-68.
- AK AT. (2005). *Süt azı dişlerde el aletlerinin kemomekanik jel ile ya da jelsiz kullanımının çürük uzaklaştırmadaki etkisi* Ege Üniversitesi / Sağlık Bilimleri Enstitüsü].
- AKÇA NBD. (2021). *Süt dişi sınıf II restorasyonlarda bir cam hibrit ve bir kompomer materyalin klinik başarısının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi* Kırıkkale Üniversitesi.
- AKTAŞ N, AKAL N, AKIN Y, MOĞULKOÇ Aİ (2018). Çocuklarda tedavi edilmemiş diş çürüklerinin PUFA indeksi ile değerlendirilmesi. *Acta Odontologica Turcica*, **35**: 23-28.
- AL-ABDI A, PARIS S, SCHWENDICKE F (2017). Glass hybrid, but not calcium hydroxide, remineralized artificial residual caries lesions in vitro. *Clinical Oral Investigations*, **21**: 389-396.
- AL-HARBI S, FARSI N (2007). Microleakage of ormocer-based restorative material in primary teeth: An in vivo study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, **32**: 13-17.
- ALANI AH, TOH CG (1997). Detection of microleakage around dental restorations: a review. *Oper Dent*, **22**: 173-185.
- ALHABDAN AA (2017). Review of microleakage evaluation tools. *Journal of International Oral Health*, **9**: 141.
- ALI AS, EL-MALT MA, MOHAMED EA-R (2019). A Comparative Evaluation of EQUIA Forte Microleakage Versus Resin-Modified Glass Ionomer. *Al-Azhar Dental Journal for Girls*, **6**: 249-254.
- ALKARIMI HA, WATT RG, PIKHART H, SHEIHAM A, TSAKOS G (2014). Dental caries and growth in school-age children. *Pediatrics*, **133**: e616-e623.
- ALYAHYA A, KHANUM A, QUDEIMAT M (2018). Clinical assessment of class II resin-based composites versus preformed metal crowns performed on primary molars in patients at high risk of caries. *European Archives of Paediatric Dentistry*, **19**: 39-45.

- AMERICA GC. (2016). http://www.gcamerica.com/products/operatory/EQUIA_Forte/EQUIA_Forte_Sell_Sheet_US_2016-iPad.pdf
- ANDERSON MH, MCCOY RB (1993). Dental amalgam: The state of the art and science. *Dental Clinics of North America*, **37**: 419-431.
- ANDERSSON-WENCKERT I, SUNNEGÅRDH-GRÖNBERG K (2006). Flowable resin composite as a class II restorative in primary molars: A two-year clinical evaluation. *Acta Odontologica Scandinavica*, **64**: 334-340.
- ANTONSON SA, YAZICI AR, KILINC E, ANTONSON DE, HARDIGAN PC (2011). Comparison of different finishing/polishing systems on surface roughness and gloss of resin composites. *Journal of Dentistry*, **39**: e9-e17.
- ANUSAVICE KJ, SHEN C, RAWLS HR. (2012). *Phillips' science of dental materials*. Elsevier Health Sciences.
- ARSLAN İ, BAYGIN Ö, TÜZÜNER T, ERDEMİR F, ÇANAKÇI A, KORKMAZ FM (2020). The effects of cavity disinfection on the nanoleakage of compomer restorations: an in vitro study. *European Oral Research*, **54**: 16-24.
- ATAY MT, AHMET BSO, ÖZEL GS (2016). Ağız Ortamının Simülasyonu Açısından Termal ve Loading Siklusun Önemi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **26**: 0-0.
- AYDIN EG, ÖZALP N (2021). Which Finishing And Polishing Technique Is More Effective For Surface Roughness And Microhardness. *Cumhuriyet Dental Journal*, **24**: 21-29.
- AYDIN F, DEMİREL G, BİLECENOĞLU B, OCAK M, GÜR G (2020). Effect of different artificial aging protocols on marginal sealing ability of self-etch dental adhesives: micro-computed tomography evaluation. *Journal of Adhesion Science and Technology*, **34**: 388-399.
- AYYILDIZ S, UYAR A, YÜZÜGÜLLÜ B (2009). Diş hekimliğinde mikrosızıntı ve inceleme yöntemleri. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg*, **19**: 219-226.
- AYYILDIZ S, UYAR UDHA, YÜZÜGÜLLÜ B (2009). Diş Hekimliğinde Mikrosızıntı ve İnceleme Yöntemleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **3**: 219 - 226.
- BAGHERI R, TAHA N, AZAR M, BURROW M (2013). Effect of G- Coat Plus on the mechanical properties of glass- ionomer cements. *Australian Dental Journal*, **58**: 448-453.
- BAJABAA S, BALBAID S, TALEB M, ISLAM L, ELHARAZEEN S, ALAGHA E (2021). Microleakage evaluation in class V cavities restored with five different resin composites: in vitro dye leakage study. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, **13**: 405.
- BALA O (1998). Poliasit-modifiye kompozit rezinler (kompomerler) literatür taraması. *Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **1**: 113-118.

- BALA O, ARISU HD, TÜRKÖZ E, YILMAZ Ş (2008). Farklı polimerizasyon şekillerinin ormocer esaslı rezin restoratif materyalin sitotoksitesisi üzerine etkisi, in vitro. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **25**: 31-37.
- BARRETO B, VAN MEERBEEK B, VAN ENDE A, SOUSA S, SILVA G, SOARES PV, SOARES CJ (2015). Biomechanical behavior of extensively restored premolars: Cusp deformation, marginal integrity and fracture resistance. *Journal of Adhesive Dentistry*, **17**: 213-218.
- BASKER R, OGDEN A, RALPH J (2001). Complete denture prescription-an audit performance. A literature review. *J Adhes Dent*, **3**: 295-308.
- BASSO M, BRAMBILLA E, BENITES M, GIOVANNARDI M, IONESCU A (2015). Glassionomer cement for permanent dental restorations: a 48-months, multi-centre, prospective clinical trial. *Stomatology Edu Journal*, **2**: 10-20.
- BEAZOGLU T, EKLUND S, HEFFLEY D, MEIERS J, BROWN LJ, BAILIT H (2007). Economic impact of regulating the use of amalgam restorations. *Public Health Reports*, **122**: 657-663.
- BERG JH, CROLL TP (2015). Glass ionomer restorative cement systems: an update. *Pediatric Dentistry*, **37**: 116-124.
- BERNARDO M, LUIS H, MARTIN MD, LEROUX BG, RUE T, LEITÃO J, DEROUEN TA (2007). Survival and reasons for failure of amalgam versus composite posterior restorations placed in a randomized clinical trial. *The Journal of the American Dental Association*, **138**: 775-783.
- BONIFÁCIO CC, WERNER A, KLEVERLAAN CJ (2012). Coating glass-ionomer cements with a nanofilled resin. *Acta Odontologica Scandinavica*, **70**: 471-477.
- BRITO CR, VELASCO LG, BONINI GA, IMPARATO JCP, RAGGIO DP (2010). Glass ionomer cement hardness after different materials for surface protection. *Journal of Biomedical Materials Research Part A: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, **93**: 243-246.
- BULUT AC, ATSÜ SS (2016). Diş Hekimliğinde Restoratif Materyallerin Yaşlandırma İşlemleri Ve Çiğneme Simülatörleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **26**: 0-0.
- BURKE F, FLEMING G, OWEN F, WATSON D (2002). Materials for restoration of primary teeth: 2. Glass ionomer derivatives and compomers. *Dental Update*, **29**: 10-17.
- CHAN M, JONES J (1993). Marginal sealing ability of four restorative materials placed in root surfaces. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, **2**: 23-27.
- CHARLTON D, MOORE B (1992). In vitro evaluation of two microleakage detection tests. *Journal of Dentistry*, **20**: 55-58.
- CHEN X, CUIJPERS V, FAN M, FRENCKEN J (2010). Marginal leakage of two newer glass-ionomer-based sealant materials assessed using micro-CT. *Journal of Dentistry*, **38**: 731-735.

- CIUCCHI B, BOUILLAGUET S, HOLZ J (1990). Proximal adaptation and marginal seal of posterior composite resin restorations placed with direct and indirect techniques. *Quintessence International*, **21**: 265-273.
- CRISP S, KENT BE, LEWIS BG, FERNER AJ, WILSON AD (1980). Glass-ionomer cement formulations. II. The synthesis of novel polycarboxylic acids. *Journal of Dental Research*, **59**: 1055-1063.
- CRISP S, LEWIS B, WILSON A (1976). Characterization of glass-ionomer cements 1. Long term hardness and compressive strength. *Journal of Dentistry*, **4**: 162-166.
- CROLL TP, BAR-ZION Y, SEGURA A, DONLY KJ (2001). Clinical performance of resin-modified glass ionomer cement restorations in primary teeth: a retrospective evaluation. *The Journal of the American Dental Association*, **132**: 1110-1116.
- CROLL TP, NICHOLSON JW (2002). Glass ionomer cements in pediatric dentistry: review of the literature. *Pediatric Dentistry*, **24**: 423-429.
- CROWLEY C, DOYLE J, TOWLER M, HILL R, HAMPSHIRE S (2006). The influence of capsule geometry and cement formulation on the apparent viscosity of dental cements. *Journal of Dentistry*, **34**: 566-573.
- ÇAPAN BŞ, AKYÜZ S (2016a). Current fluoride-releasing restorative materials used in pediatric dentistry. *Clinical and Experimental Health Sciences*, **6**: 129-134.
- ÇAPAN BŞ, AKYÜZ S (2016b). Çocuk Diş Hekimliğinde Fluorid Salınımı Yapan Güncel Restoratif Materyaller. *Clinical and Experimental Health Sciences*, **6**: 129-134.
- ÇELİK EU, ERMİŞ B (2011). Koruyucu rezin uygulamasının yüksek viskoziteli geleneksel cam iyonomer simanın mikrosertliği üzerine etkisinin in vitro olarak değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Dental Journal*, **11**: 91-95.
- ÇETİNER S (1992). Cam iyonomer simanların kenar sızıntılarının araştırılmasında kullanılan farklı iki boyanın sonuca etkileri. *AÜ Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **19**: 415-419.
- DAVIDSON CL MI (1999). Advances in glass-ionomer cements.
- DE GOES MF, MONTES MAJR (2004). Evaluation of silver methenamine method for nanoleakage. *Journal of Dentistry*, **32**: 391-398.
- DE MELO AVILA W, HESSE D, BONIFACIO CC (2019). Surface conditioning prior to the application of glass-ionomer cement: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Adhesive Dentistry*, **21**: 391-399.
- DE MORAIS P, AL RJ, PIMENTA L (1999). Quantitative microleakage evaluation around amalgam restorations with different treatments on cavity walls. *Operative Dentistry*, **24**: 217-222.
- DE OLIVEIRA BF, SERAIDARIAN PI, DE OLIVEIRA SG, LANDRE JR J, PITHON MM, OLIVEIRA DD (2014). Tooth displacement in shortened dental arches: A three-dimensional finite element study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, **111**: 460-465.

- DE SOUSA AFM LJ, ZOGHEIB LV, DE MATOS JDM, DE VASCONCELOS JEL, DE CASTRO DSM. (2017). Clinical evaluation of the glass ionomer cement as a restorative material in non-crious cervical lesions: a case report. *Int J Oral Health Med Res*, 31-35.
- DELIVANIS PD, CHAPMAN KA (1982). Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, **53**: 410-416.
- DEMARCO FF, CORRÊA MB, CENCI MS, MORAES RR, OPDAM NJ (2012). Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. *Dental Materials*, **28**: 87-101.
- DEMİREL A, İŞİL OA, TULGA ÖF, ORHAN K (2022). Three dimensional evaluation of marginal microleakage at the adhesive interface between different fissure sealants and enamel: Micro-CT analysis. *Balkan Journal of Dental Medicine*, **26**: 7-14.
- DEMİREL G, BALTACIOĞLU İH, KOLSUZ ME, OCAK M, ORHAN K (2019). Micro- computed tomography evaluation of internal void formation of bulk- fill resin composites in Class II restorations. *Polymer Composites*, **40**: 2984-2992.
- DEMİREL G, ORHAN AI, IRMAK Ö, AYDIN F, BÜYÜKSUNGUR A, BİLECENOĞLU B, ORHAN K (2021). Micro-computed tomographic evaluation of the effects of pre-heating and sonic delivery on the internal void formation of bulk-fill composites. *Dental Materials Journal*, **40**: 525-531.
- DHAR V, HSU K, COLL J, GINSBERG E, BALL B, CHHIBBER S, JOHNSON M, KIM M, MODARESI N, TINANOFF N (2015). Evidence-based update of pediatric dental restorative procedures: dental materials. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, **39**: 303-310.
- DIEM VTK, TYAS MJ, NGO HC, PHUONG LH, KHANH ND (2014). The effect of a nano-filled resin coating on the 3-year clinical performance of a conventional high-viscosity glass-ionomer cement. *Clinical Oral Investigations*, **18**: 753-759.
- DONLY KJ, GARCIA-GODOY F (2002). The use of resin-based composite in children. *Pediatric Dentistry*, **24**: 480-488.
- DONLY KJ, SEGURA A, KANELIS M, ERICKSON RL (1999). Clinical performance and caries inhibition of resin-modified glass ionomer cement and amalgam restorations. *The Journal of the American Dental Association*, **130**: 1459-1466.
- DOS SANTOS MPA, PASSOS M, LUIZ RR, MAIA LC (2009). A randomized trial of resin-based restorations in class I and class II beveled preparations in primary molars: 24-month results. *The Journal of the American Dental Association*, **140**: 156-166.
- EDEN E, TOPALOĞLU-AK V, CUIJPERS V, FRENCKEN JE (2008). Micro-CT for measuring marginal leakage of Class II resin composite restorations in primary molars prepared in vivo. *American Journal of Dentistry*, **21**: 393.
- EL-BIALY MR, SHAALAN OO, EL-ZOHAIRY AA, EL-ZOGHBY AF (2020). Clinical evaluation of glass ionomer with glass hybrid technology versus conventional high viscosity glass

- ionomer in class I cavities in patients with high caries risk: Randomized controlled trial. *Journal of International Oral Health*, **12**: 203.
- ERDEMİR U, YAMAN BC (2011). Microleakage in Dentistry and Microleakage Evaluation Techniques. *European Oral Research*, **45**: 25.
- ERDİLEK D, DÖRTER C, KORAY F, KUNZELMANN K-H, EFES BG, GÖMEÇ Y (2009). Effect of thermo-mechanical load cycling on microleakage in class II ormocer restorations. *European Journal of Dentistry*, **3**: 200-206.
- ERDOĞAN Ş. (2019). *Süt dişi sınıf II restorasyonlarında rezin içerikli materyallere alternatif iki cam iyonomer içerikli materyalin klinik başarısının değerlendirilmesi* Aydın Adnan Menderes Üniversitesi].
- ERGİN E, GÜRGAN S, KÜTÜK ZB, ÇAKIR F, ÖZTAŞ S (2014). 36-month clinical performance evaluation of a current glass-ionomer restorative system. *Cumhuriyet Dental Journal*, **17**: 244-255.
- FAYYAD M, BALL P (1987). Bacterial penetration around amalgam restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, **57**: 571-574.
- FEATHERSTONE J (2004). The continuum of dental caries-evidence for a dynamic disease process. *Journal of dental research*, **83**: 39-42.
- FEJERSKOV O (2004). Changing paradigms in concepts on dental caries: consequences for oral health care. *Caries research*, **38**: 182-191.
- FLEMING GJ, KENNY SM, BARRALET JE (2006). The optimisation of the initial viscosity of an encapsulated glass-ionomer restorative following different mechanical mixing regimes. *Journal of Dentistry*, **34**: 155-163.
- FONTIJN-TEKAMP F, SLAGTER A, VAN DER BILT A, VAN'T HOF M, WITTER D, KALK W, JANSEN J (2000). Biting and chewing in overdentures, full dentures, and natural dentitions. *Journal of Dental Research*, **79**: 1519-1524.
- FRIEDL K, HILLER K-A, FRIEDL K-H (2011). Clinical performance of a new glass ionomer based restoration system: a retrospective cohort study. *Dental Materials*, **27**: 1031-1037.
- FUKS AB (2015). The use of amalgam in pediatric dentistry: new insights and reappraising the tradition. *Pediatric Dentistry*, **37**: 125-132.
- GALE M, DARVELL B (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of Dentistry*, **27**: 89-99.
- GC AMERICA. (2019). <https://www.gcamerica.com/products/operatory/EQUIA-Forte-HT/IFU-4L.pdf>
- GLASSPOOLE EA, ERICKSON RL, DAVIDSON CL (2002). Effect of surface treatments on the bond strength of glass ionomers to enamel. *Dental Materials*, **18**: 454-462.

- GÖK BABA M, KIRZIOĞLU Z, CEYHAN D (2021). One- year clinical evaluation of two high-viscosity glass- ionomer cements in class II restorations of primary molars. *Australian Dental Journal*, **66**: 32-40.
- GOODIS H, MARSHALL JR G, WHITE J, GEE L, HORNBERGER B, MARSHALL S (1993). Storage effects on dentin permeability and shear bond strengths. *Dental Materials*, **9**: 79-84.
- GORSETA K, GLAVINA D, SKRINJARIC I (2012). Influence of ultrasonic excitation and heat application on the microleakage of glass ionomer cements. *Australian Dental Journal*, **57**: 453-457.
- GOUGLAS W, ZAKARIASEN K (1981). Volumetric assessment of apical leakage utilizing a spectrophotometric dye recovery method [Abstract 512]. *J Dent Res*, **60**: 438.
- GOWDA A, GURIA A (2019). Comparative Evaluation Of Microleakage In Alkasite And Glass-Hybrid Restorative System: An In-Vitro. *International Journal of Research -Granthaalayah*, **7**: 199-205.
- GROSSI JDA, CABRAL RN, RIBEIRO APD, LEAL SC (2018). Glass hybrid restorations as an alternative for restoring hypomineralized molars in the ART model. *BMC Oral Health*, **18**: 1-8.
- GUGGENBERGER R, MAY R, STEFAN K (1998). New trends in glass-ionomer chemistry. *Biomaterials*, **19**: 479-483.
- GÜLŞAH EA, HERGÜNER-SİSO Ş, HAKAN A (2012). Termal siklus ve suda bekletmenin kendinden asitli adezivlerin dentine mikrogirilim bağlanma dayanımları üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **2012**: 125-131.
- GÜRGAN S, KÜTÜK Z, ERGİN E, ÖZTAŞ S, ÇAKIR F (2015). Four-year randomized clinical trial to evaluate the clinical performance of a glass ionomer restorative system. *Operative Dentistry*, **40**: 134-143.
- GÜRGAN S, KÜTÜK Z, ÖZTÜRK C, SOLEIMANI R, ÇAKIR F (2020). Clinical performance of a glass hybrid restorative in extended size class II cavities. *Operative Dentistry*, **45**: 243-254.
- GÜRGAN S, KÜTÜK ZB, ERGİN E, ÖZTAŞ SS, ÇAKIR FY (2017). Clinical performance of a glass ionomer restorative system: a 6-year evaluation. *Clinical Oral Investigations*, **21**: 2335-2343.
- HABIB SI, YASSEN AA, BAYOUMI RE (2021). Influence of Nanocoats on the Physicomechanical Properties and Microleakage of Bulk-fill and Resin-modified Glass Ionomer Cements: An In Vitro Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, **22**: 62-68.
- HASANI Z, KHODADADI E, EZOJI F, KHAFRI S (2019). Effect of mechanical load cycling on microleakage of restorative glass ionomers compared to flowable composite resin in class V cavities. *Frontiers in dentistry*, **16**: 136.
- HE Z, SHIMADA Y, TAGAMI J (2007). The effects of cavity size and incremental technique on micro-tensile bond strength of resin composite in Class I cavities. *Dental Materials*, **23**: 533-538.

- HECK K, FRASHERI I, DIEGRITZ C, MANHART J, HICKEL R, FOTIADOU C (2020). Six-year results of a randomized controlled clinical trial of two glass ionomer cements in class II cavities. *Journal of Dentistry*, **97**: 103333.
- HEINTZE SD (2007). Systematic reviews: I. The correlation between laboratory tests on marginal quality and bond strength. II. The correlation between marginal quality and clinical outcome. *Journal of Adhesive Dentistry*, **9**: 77-106.
- HERSEK N, CANAY S, AKÇA K, ÇİFTÇİ Y (2002). Comparison of microleakage properties of three different filling materials. An autoradiographic study. *Journal of oral rehabilitation*, **29**: 1212-1217.
- HERVÁS GARCÍA A, LOZANO M, CABANES VILA J, BARJAU ESCRIBANO A, FOS GALVE P (2006). Composite resins: a review of the materials and clinical indications. *Clinical Dentistry*, **11**: E215-220.
- HES K, LEUNG S, WEI S (1999). Resin- ionomer restorative materials for children: A review. *Australian Dental Journal*, **44**: 1-11.
- HEYMANN HO, STURDEVANT JR, BAYNE S, WILDER AD, SLUDER TB, BRUNSON WD (1991). Examining tooth flexure effects on cervical restorations: a two-year clinical study. *The Journal of the American Dental Association*, **122**: 41-47.
- HICKEL R, DASCH W, JANDA R, TYAS M, ANUSAVICE K (1998). FDI Commission Project. New direct restorative materials. *Int Dent J*, **48**: 3-16.
- HICKEL R, KAADEN C, PASCHOS E, BUERKLE V, GARCÍA-GODOY F, MANHART J (2005). Longevity of occlusally-stressed restorations in posterior primary teeth. *American Journal of Dentistry*, **18**: 198.
- HIRATA R, PACHECO R, CACERES E, JANAL M, ROMERO M, GIANNINI M, COELHO P, RUEGGEBERG F (2018). Effect of sonic resin composite delivery on void formation assessed by micro-computed tomography. *Operative dentistry*, **43**: 144-150.
- HM P, JJ G (1965). Leakage at the margins of amalgam restorations. *British Dental Journal*, **119**: 69-77.
- HOSHIKA S, TING S, AHMED Z, CHEN F, TOIDA Y, SAKAGUCHI N, VAN MEERBEEK B, SANO H, SIDHU SK (2021). Effect of conditioning and 1 year aging on the bond strength and interfacial morphology of glass-ionomer cement bonded to dentin. *Dental Materials*, **37**: 106-112.
- ILIE N, HICKEL R (2011). Resin composite restorative materials. *Australian Dental Journal*, **56**: 59-66.
- ILIE N, HICKEL R, VALCEANU AS, HUTH KC (2012). Fracture toughness of dental restorative materials. *Clinical Oral Investigations*, **16**: 489-498.
- JACKER-GUHR S, IBARRA G, OPPERMAN L, LÜHRS A-K, RAHMAN A, GEURTSSEN W (2016). Evaluation of microleakage in class V composite restorations using dye penetration and micro-CT. *Clinical Oral Investigations*, **20**: 1709-1718.

- JACKSON RD, MORGAN M (2000). The new posterior resins and: a simplified placement technique. *The Journal of the American Dental Association*, **131**: 375-383.
- JAIN P, KAUL R, SAHA S, SARKAR S (2017). Smart materials-making pediatric dentistry bio-smart. *International Journal of Pedodontic Rehabilitation*, **2**: 55.
- JOHNSON WT, ZAKARIASEN KL (1983). Spectrophotometric analysis of microleakage in the fine curved canals found in the mesial roots of mandibular molars. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, **56**: 305-309.
- JØRGENSEN KD, IWAKU M, WAKUMOTO S (1969). Vacuum-mixing of silicate cement. *Acta Odontologica Scandinavica*, **27**: 453-465.
- JUNG S-H, MIN K-S, CHANG H-S, PARK S-D, KWON S-N, BAE J-M (2007). Microleakage and fracture patterns of teeth restored with different posts under dynamic loading. *The Journal of prosthetic dentistry*, **98**: 270-276.
- KALMOWICZ J, PHEBUS J, OWENS B, JOHNSON W, KING G (2015). Microleakage of class I and II composite resin restorations using a sonic-resin placement system. *Operative Dentistry*, **40**: 653-661.
- KANIK Ö, TÜRKÜN LŞ (2016). Restoratif cam iyonomer simanlarda güncel yaklaşımlar. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, **37**: 54-65.
- KARADAĞ S (2005). Mikrosızıntı Araştırma Teknikleri Ve Mikrosızıntıyı Etkileyen Faktörler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **2005**: 80-88.
- KARAKAŞ SN, TURGUT H (2021). Evaluation of the shear bond strength, microleakage and compressive strength of reinforced glass ionomer cements used as permanent restorative materials. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, **9**: 41-54.
- KARAMAN E, OZGUNALTAY G (2014). Polymerization shrinkage of different types of composite resins and microleakage with and without liner in class II cavities. *Operative Dentistry*, **39**: 325-331.
- KAYA T, TİRALİ RE (2013). Cam iyonomer simanlardaki gelişmeler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **23**: 71-77.
- KELEŞ S, YILMAZ Y, SEZEN O (2018). Microtensile Bond Strength of Polyacid-modified Composite Resin to Irradiated Primary Molars. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, **19**: 189-195.
- KERMANSHAH H, KHORSANDIAN H (2017). Comparison of microleakage of Scotchbond™ Universal Adhesive with methacrylate resin in Class V restorations by two methods: Swept source optical coherence tomography and dye penetration. *Dental Research Journal*, **14**: 272.
- KHOROUSHI M, ETEMADI S, KHEIR MK (2018). Marginal leakage of class V composite resin restorations. *Dental Hypotheses*, **9**: 11.

- KHOROUSHI M, KESHANI F (2013). A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. *Dental Research Journal*, **10**: 411-420.
- KIDD EA (1976). Microleakage: a review. *Journal of Dentistry*, **4**: 199-206.
- KJ A. (2003). *Phillips' science of dental materials* (Vol. 596).
- KLEVERLAAN CJ, VAN DUINEN RN, FEILZER AJ (2004). Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. *Dental Materials*, **20**: 45-50.
- KOÇ VURAL U, MERAL E, ERGIN E, GÜRGAN S (2020). Twenty-four-month clinical performance of a glass hybrid restorative in non-carious cervical lesions of patients with bruxism: a split-mouth, randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, **24**: 1229-1238.
- KOBYAMA K, HATAKEYAMA E, SASAKI T, DAN H, AZUMA T, KARITA K (2004). Effects of sample hardness on human chewing force: a model study using silicone rubber. *Archives of Oral Biology*, **49**: 805-816.
- KUBO J, YOKOTA H, SATA Y, HAYASHI Y (2001). The effect of flexural load cycling on the microleakage of cervical resin composites. *Operative Dentistry*, **26**: 451-459.
- KURTOĞLU C (2012). Geleneksel ve adeziv dental simanlar hakkında bir derleme çalışması. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **2012**: 205-216.
- LACEFIELD W, REINDL M, RETIEF D (1985). Tensile bond strength of a glass-ionomer cement. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, **53**: 194-198.
- LANDIS EN, KEANE DT (2010). X-ray microtomography. *Materials Characterization*, **61**: 1305-1316.
- LEE JJ, NETTEY-MARBELL A, COOK JR A, PIMENTA LA, LEONARD R, RITTER AV (2007). Using extracted teeth for research: the effect of storage medium and sterilization on dentin bond strengths. *The Journal of the American Dental Association*, **138**: 1599-1603.
- LEINFELDER KF (1993). Posterior composites: State-of-the-art clinical applications. *Dental Clinics of North America*, **37**: 411-418.
- LINDQUIST TJ, CONNOLLY J (2001). In vitro microleakage of luting cements and crown foundation material. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, **85**: 292-298.
- LITONJUA LA, ANDREANA S, BUSH PJ, TOBIAS TS, COHEN RE (2003). Noncarious cervical lesions and abfractions: a re-evaluation. *The Journal of the American Dental Association*, **134**: 845-850.
- LO E, LUO Y, FAN M, WEI S (2001). Clinical investigation of two glass-ionomer restoratives used with the atraumatic restorative treatment approach in china: Two-years results. *Caries Research*, **35**: 458-463.

- LOHBAUER U (2009). Dental glass ionomer cements as permanent filling materials?—Properties, limitations future trends. *Materials*, **3**: 76-96.
- LOHBAUER U (2010). Dental glass ionomer cements as permanent filling materials?—properties, limitations and future trends. *Materials*, **3**: 76-96.
- LOPES CMCDF, GALVAN J, CHIBINSKI ACR, WAMBIER DS (2018). Fluoride release and surface roughness of a new glass ionomer cement: glass carbomer. *Revista de Odontologia da UNESP*, **47**: 1-6.
- MAGNI E, ZHANG L, HICKEL R, BOSSÙ M, POLIMENI A, FERRARI M (2008). SEM and microleakage evaluation of the marginal integrity of two types of class V restorations with or without the use of a light-curable coating material and of polishing. *Journal of dentistry*, **36**: 885-891.
- MAHONEY E, KILPATRICK N, JOHNSTON T. (2008). *Restorative paediatric dentistry*.
- MAK Y-F, LAI SC, CHEUNG GS, CHAN AW, TAY FR, PASHLEY DH (2002). Micro-tensile bond testing of resin cements to dentin and an indirect resin composite. *Dental Materials*, **18**: 609-621.
- MARKOVIC DL, PETROVIC BB, PERIC TO (2008). Fluoride content and recharge ability of five glassionomer dental materials. *BMC Oral health*, **8**: 1-8.
- MARQUEZAN M, OSORIO R, CIAMPONI AL, TOLEDANO M (2010). Resistance to degradation of bonded restorations to simulated caries-affected primary dentin. *American Journal of Dentistry*, **23**: 47-52.
- MCLEAN J, WILSON A (1974). Fissure sealing and filling with an adhesive glass-ionomer cement. *British dental journal*, **136**: 269-276.
- MCLEAN J, WILSON A (1977). The clinical development of the glass- ionomer cements. I. Formulations and properties. *Australian Dental Journal*, **22**: 31-36.
- MENNE-HAPP U, ILIE N (2014). Effect of heat application on the mechanical behaviour of glass ionomer cements. *Clinical Oral Investigations*, **18**: 643-650.
- MICKENAUTSCH S, MOUNT G, YENGOPAL V (2011). Therapeutic effect of glass- ionomers: an overview of evidence. *Australian Dental Journal*, **56**: 10-15.
- MILETIĆ I, BARABA A, BASSO M, PULCINI MG, MARKOVIĆ D, PERIĆ T, ÖZKAYA CA, TÜRKÜN LŞ (2020). Clinical performance of a glass-hybrid system compared with a resin composite in the posterior region: results of a 2-year multicenter study. *J Adhes Dent*, **22**: 235-247.
- MOREAU JL, XU HH (2010). Fluoride releasing restorative materials: Effects of pH on mechanical properties and ion release. *Dental Materials*, **26**: e227-e235.
- MOUNT G (2002). Description of glass-ionomers In: *An Atlas of Glassionomer Cements: A Clinician's Guide* Martin Duntz Ltd. In, (pp. 1-42): London.

- MUENINGHOFF L, DUNN S, LEINFELDER K (1990). Comparison of dye and ion microleakage tests. *American Journal of Dentistry*, **3**: 192-194.
- MURCHISON DF, ROETERS J, VARGAS M, CHAN D (2006). Direct anterior restorations. *Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach*. 3rd ed. Chicago: Quintessence, 274-279.
- MUSANJE L, FERRACANE JL (2004). Effects of resin formulation and nanofiller surface treatment on the properties of experimental hybrid resin composite. *Biomaterials*, **25**: 4065-4071.
- NAGARAJA UPADHYA P, KISHORE G (2005). Glass ionomer cement: The different generations. *Trends Biomater Artif Organs*, **18**: 158-165.
- NAJEEB S, KHURSHID Z, ZAFAR MS, KHAN AS, ZOHAIB S, MARTÍ JMN, SAURO S, MATINLINNA JP, REHMAN IU (2016). Modifications in glass ionomer cements: nano-sized fillers and bioactive nanoceramics. *International Journal of Molecular Sciences*, **17**: 1134.
- NEVES ADA, COUTINHO E, DE MUNCK J, VAN MEERBEEK B (2011). Caries-removal effectiveness and minimal-invasiveness potential of caries-excitation techniques: a micro-CT investigation. *Journal of Dentistry*, **39**: 154-162.
- NGUYEN C. (2007). *A new in vitro method for the study of micro-leakage of dental restorative materials* University of Adelaide, School of Dentistry].
- NICHOLSON JW (2007). Polyacid-modified composite resins ("compomers") and their use in clinical dentistry. *Dental Materials*, **23**: 615-622.
- NIE J, YAP A, WANG X (2018). Influence of shrinkage and viscosity of flowable composite liners on cervical microleakage of class II restorations: a micro-CT analysis. *Operative Dentistry*, **43**: 656-664.
- NOMOTO R, KOMORIYAMA M, MCCABE JF, HIRANO S (2004). Effect of mixing method on the porosity of encapsulated glass ionomer cement. *Dental Materials*, **20**: 972-978.
- OPDAM N, COLLARES K, HICKEL R, BAYNE S, LOOMANS B, CENCI M, LYNCH C, CORREA M, DEMARCO F, SCHWENDICKE F (2018). Clinical studies in restorative dentistry: new directions and new demands. *Dental Materials*, **34**: 1-12.
- ORHAN D, FT Ö (2011). Sık kullanılan bağlanma dayanım test metotları: Derleme çalışması. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci-Special Topics*, **2**: 31-40.
- ÖNAL B (2004). Restoratif diş hekimliğinde maddeler ve uygulamaları. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları* 101-103.
- ÖNAL B, PAMİR T (2005). The two-year clinical performance of esthetic restorative materials in noncarious cervical lesions. *The Journal of the American Dental Association*, **136**: 1547-1555.

- ÖZCAN S, ŞAHİN FÜ, ÖZGÜR U, TOPUZ Ö (2012). Bitirme ve parlatma işlemlerinin farklı kompozit rezinlerin yüzey özellikleri üzerine etkileri. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **29**: 173-177.
- ÖZGÜNALTAY G, YAZICI A, GÖRÜCÜ J (2003). Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of new tooth- coloured restoratives. *Journal of Oral Rehabilitation*, **30**: 218-224.
- PAMEIJER CH (2012). Crown retention with three resin-modified glass ionomer luting agents. *The Journal of the American Dental Association*, **143**: 1218-1222.
- PEUMANS M, VAN MEERBEEK B, LAMBRECHTS P, VANHERLE G (2003). Two-year clinical effectiveness of a resin-modified glass-ionomer adhesive. *American Journal of Dentistry*, **16**: 363-368.
- PINKHAM JR, CASAMASSIMO, P. S., MCTIGUE, D. J., FIELDS JR, H. W., & NOWAK, A. J. (2005). *Pediatric Dentistry: Infancy Through Adolescence* (Vol. 4).
- PIOCH T, STAEHLE HJ, DUSCHNER H, GARCIA-GODOY F (2001). Nanoleakage at the composite-dentin interface: a review. *American Journal of Dentistry*, **14**: 252-258.
- PIOCH T, STOTZ S, STAEHLE H, DUSCHNER H (1997). Applications of confocal laser scanning microscopy to dental bonding. *Advances in Dental Research*, **11**: 453-461.
- POWIS D, FOLLERÅS T, MERSON S, WILSON A (1982). Materials science: Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. *Journal of Dental Research*, **61**: 1416-1422.
- POWIS D, PROSSER H, SHORTALL A, WILSON A (1988). Long-term monitoring of microleakage of composites. Part I: Radiochemical diffusion technique. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **60**: 304-307.
- PRADELLE-PLASSE N, WENGER F, PICARD B, COLON P (2004). Evaluation of microleakage of composite resin restorations by an electrochemical technique: the impedance methodology. *Dental Materials*, **20**: 425-434.
- RAMOS-GOMEZ F, WEINTRAUB J, GANSKY S, HOOVER C, FEATHERSTONE J (2003). Bacterial, behavioral and environmental factors associated with early childhood caries. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, **26**: 165-173.
- RAMOS- JORGE J, ALENCAR BM, PORDEUS IA, SOARES MEDC, MARQUES LS, RAMOS-JORGE ML, PAIVA SM (2015). Impact of dental caries on quality of life among preschool children: emphasis on the type of tooth and stages of progression. *European Journal of Oral Sciences*, **123**: 88-95.
- RASKIN A, D'HOORE W, GONTHIER S, DEGRANGE M, DÉJOU J (2001). Reliability of in vitro microleakage tests: a literature review. *Journal of Adhesive Dentistry*, **3**:
- REKHA CV, VARMA B (2012). Comparative evaluation of tensile bond strength and microleakage of conventional glass ionomer cement, resin modified glass ionomer cement and compomer: An in vitro study. *Contemporary Clinical Dentistry*, **3**: 282.

- RENGO C, GORACCI C, AMETRANO G, CHIEFFI N, SPAGNUOLO G, RENG S, FERRARI M (2015). Marginal leakage of class V composite restorations assessed using microcomputed tomography and scanning electron microscope. *Operative Dentistry*, **40**: 440-448.
- RETIEF D, DENYS F (1989). Adhesion to enamel and dentin. *American Journal of Dentistry*, **2**: 133-144.
- ROBERSON T, HEYMANN HO, SWIFT JR EJ. (2006). *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. Elsevier Health Sciences.
- ROŻNIATOWSKI P, KORPOROWICZ E, GOZDOWSKI D, OLCZAK-KOWALCZYK D (2021). Clinical study on resin composite and glass ionomer materials in II class restorations in permanent teeth. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry* **13**: e165-e171.
- RUEGGEBERG F (1991). Substrate for adhesion testing to tooth structure—Review of the literature: A report of the ASC MD156 Task Group on Test methods for the adhesion of restorative materials Accredited standards committee MD156 for dental materials and devices. *Dental Materials*, **7**: 2-10.
- SAITO S, TOSAKI, S., & HIROTA, K. (1999). *Characteristics of Glass-Ionomer Cements*. Quintessence Publishing.
- SANO H, TAKATSU T, CIUCCHI B, HORNER J, MATTHEWS W, PASHLEY DH (1995). Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. *Operative dentistry*, **20**: 18-25.
- SCHÄFER C (2005). The use of colored components as fillings in deciduous teeth. *Dentistry Today*, **24**: 130-132.
- SCHWENDICKE F, FRENCKEN JE, BJØRNDAL L, MALTZ M, MANTON DJ, RICKETTS D, VAN LANDUYT K, BANERJEE A, CAMPUS G, DOMÉJEAN S (2016). Managing carious lesions: consensus recommendations on carious tissue removal. *Advances in Dental Research*, **28**: 58-67.
- SHINTOME LK, NAGAYASSU MP, DI NICOLÓ R, MYAKI SI (2009). Microhardness of glass ionomer cements indicated for the ART technique according to surface protection treatment and storage time. *Brazilian Oral Research*, **23**: 439-445.
- SIDHU S (2011). Glass- ionomer cement restorative materials: a sticky subject *Australian Dental Journal*, **56**: 23-30.
- SIDHU SK, NICHOLSON JW (2016). A review of glass-ionomer cements for clinical dentistry. *Journal of Functional Biomaterials*, **7**: 16.
- SILVEIRA DE ARAÚJO C, INCERTI DA SILVA T, OGLIARI F, MEIRELES S, PIVA E, DEMARCO F (2006). Microleakage of seven adhesive systems in enamel and dentin. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, **7**: 26-33.
- SINGH S, GOEL D, AWASTHI N, KHANDELWAL D, SHARMA A, PATIL S (2021). Comparative evaluation of marginal integrity of three esthetic restorative materials—An In-vitro study. *Contemporary Clinical Dentistry*, **12**: 241.

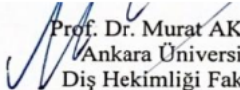
- SURESH K, NAGARATHNA J (2011). Evaluation of shear bond strengths of fuji II and fuji IX with and without salivary contamination on deciduous molars-an In vitro study. *AOSR*, **1**: 139-145.
- SWAIN MV, XUE J (2009). State of the art of micro- CT applications in dental research. *International Journal of Oral Science*, **1**: 177-188.
- SWIFT JR E (1989). Pulpal effects of composite resin restorations. *Operative Dentistry*, **14**: 20-27.
- ŞENGÜN A, ÖZTÜRK B, ÜLKER M, DIŞÇIOĞLU F, ÖZER F (2005). Farklı sayıda termal siklus uygulamasının bir kompozit rezinin marjinal sızıntısı üzerine etkisi. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **22**: 163-168.
- ŞİRİNOĞLU ÇAPAN B, AKYÜZ S (2016). Çocuk diş hekimliğinde florid salınımı yapan güncel restoratif materyaller. *Clinical and Experimental Health Sciences*, **6**: 129-134.
- TAY F, PASHLEY DH, YOSHIYAMA M (2002). Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *Journal of dental research*, **81**: 472-476.
- TAYLOR M, LYNCH E (1992). Microleakage. *Journal of Dentistry*, **20**: 3-10.
- TAYLOR MJ, LYNCH E (1993). Marginal adaptation. *Journal of Dentistry*, **21**: 265-273.
- TOLEDANO M, OSORIO E, OSORIO R, GARCÍA-GODOY F (1999). Microleakage of Class V resin-modified glass ionomer and compomer restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, **81**: 610-615.
- TORABZADEH H, GHASEMI A, SHAKERI S, BAGHBAN AA, RAZMAVAR S (2011). Effect of powder/liquid ratio of glass ionomer cements on flexural and shear bond strengths to dentin. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, **10**: 204-207.
- TÜRKÜN L, KANIK Ö (2016). A prospective six-year clinical study evaluating reinforced glass ionomer cements with resin coating on posterior teeth: quo vadis? *Operative Dentistry*, **41**: 587-598.
- TÜRKÜN Ş, ERGÜCÜ Z (2004). Estetik restoratif materyallerin mikrosızıntı çalışmalarında kullanılan gereç ve yöntemlerin karşılaştırılması. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **21**: 143-151.
- URSAVAŞ BB, BEZGİN T, OCAK M, BİLECENOĞLU B, ORHAN AI (2021). In vitro evaluation of micro-leakage of a universal adhesive used with different etching modes in compomer restorations. *Journal of Stomatology*, **74**: 236-242.
- UYUMAZ FÜ. (2021). *Rezin kompozit ve bulk fill cam hibrit restorasyon materyallerinin daimi dişlerde klinik ve radyografik olarak karşılaştırmalı değerlendirilmesi* Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi].
- ÜŞÜMEZ A, ÇOBANKARA FK, ÖZTÜRK N, ESKİTAŞÇIOĞLU G, BELLİ S (2004). Microleakage of endodontically treated teeth with different dowel systems. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, **92**: 163-169.

- VAID DS, SHAH NC, BILGI PS (2015). One year comparative clinical evaluation of EQUIA with resin-modified glass ionomer and a nanohybrid composite in noncarious cervical lesions. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, **18**: 449.
- VAN DE SANDE F, COLLARES K, CORREA M, CENCI M, DEMARCO F, OPDAM N (2016). Restoration survival: revisiting patients' risk factors through a systematic literature review. *Operative dentistry*, **41**: S7-S26.
- VAN DIJKEN J (2000). Clinical evaluation of three adhesive systems in class V non-carious lesions. *Dental Materials*, **16**: 285-291.
- VAN MEERBEEK B, DE MUNCK J, YOSHIDA Y, INOUE S, VARGAS M, VIJAY P, VAN LANDUYT K, LAMBRECHTS P, VANHERLE G (2003). Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Operative Dentistry-University of Washington-*, **28**: 215-235.
- VAN MEERBEEK B, YOSHIDA Y, INOUE S, DE MUNCK J, VAN LANDUYT K, LAMBRECHTS P (2006). Glass-ionomer adhesion: the mechanisms at the interface. *Journal of Dentistry*, **34**: 615-618.
- WANG X, YAP AUJ, NGO H (2006). Effect of early water exposure on the strength of glass ionomer restoratives. *Operative Dentistry*, **31**: 584-589.
- WATSON TF (1994). Applications of high- speed confocal imaging techniques in operative dentistry. *Scanning*, **16**: 168-173.
- WATSON TF. (1999). *Bonding Glass-Ionomer Cements to Tooth Structure*. Quintessence Publishing.
- WEINTRAUB JA (1998). Prevention of early childhood caries: a public health perspective. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, **26**: 62-66.
- WILLEMS G, LAMBRECHTS P, BRAEM M, CELIS J-P, VANHERLE G (1992). A classification of dental composites according to their morphological and mechanical characteristics. *Dental Materials*, **8**: 310-319.
- WILLIAMS PT, SCHRAMEKE D, STOCKTON L (2002). Comparison of two methods of measuring dye penetration in restoration microleakage studies. *Oper Dent*, **27**: 628-635.
- WILSON A, PROSSER H, POWIS D (1983). Mechanism of adhesion of polyelectrolyte cements to hydroxyapatite. *Journal of Dental Research*, **62**: 590-592.
- WILSON AD (1996). A hard decade's work: steps in the invention of the glass-ionomer cement. *Journal of Dental Research*, **75**: 1723-1727.
- WILSON AD, KENT B (1971). The glass- ionomer cement, a new translucent dental filling material. *Journal of Applied Chemistry and Biotechnology*, **21**: 313-313.
- WITTER D, CREUGERS N, KREULEN C, DE HAAN A (2001). Occlusal stability in shortened dental arches. *Journal of Dental Research*, **80**: 432-436.

- XIE D, BRANTLEY W, CULBERTSON B, WANG G (2000). Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. *Dental Materials*, **16**: 129-138.
- YADAV G, REHANI U, RANA V (2012). A comparative evaluation of marginal leakage of different restorative materials in deciduous molars: An in vitro study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, **5**: 101.
- YAP A, PEK Y, CHEANG P (2003). Physico- mechanical properties of a fast- set highly viscous GIC restorative. *Journal of Oral Rehabilitation*, **30**: 1-8.
- YAVUZ İ, ATAKUL F (2001). Evaluation of microleaking in different in vitro restorations of cow permanent teeth. *Balkan J Stomatol*, **5**: 42-45.
- YENGOPAL V, MICKENAUTSCH S, BEZERRA AC, LEAL SC (2009). Caries-preventive effect of glass ionomer and resin-based fissure sealants on permanent teeth: a meta analysis. *Journal of Oral Science*, **51**: 373-382.
- YEŞİLYURT C, BULUCU B, SEZEN O, BULUT G, ÇELİK D (2008). Bond strengths of two conventional glass-ionomer cements to irradiated and non-irradiated dentin. *Dental Materials Journal*, **27**: 695-701.
- YOSHIDA Y, NAGAKANE K, FUKUDA R, NAKAYAMA Y, OKAZAKI M, SHINTANI H, INOUE S, TAGAWA Y, SUZUKI K, DE MUNCK J (2004). Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *Journal of Dental Research*, **83**: 454-458.
- YOSHIDA Y, VAN MEERBEEK B, NAKAYAMA Y, SNAUWAERT J, HELLEMANS L, LAMBRECHTS P, VANHERLE G, WAKASA K (2000). Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *Journal of Dental Research*, **79**: 709-714.
- ZANATA RL, FAGUNDES TC, DE ALMENDRA FREITAS MCC, LAURIS JRP, DE LIMA NAVARRO MF (2011). Ten-year survival of ART restorations in permanent posterior teeth. *Clinical Oral Investigations*, **15**: 265-271.
- ZHAO XY, LI SB, GU LJ, LI Y (2014). Detection of marginal leakage of Class V restorations in vitro by micro-computed tomography. *Oper Dent*, **39**: 174-180.
- ZIVKOVI S, BOJOVI S, PAVLICA D (2001). Bacterial penetration of restored cavities. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, **91**: 353-358.

EKLER

Ek-1. Etik Kurul Kararı

	T.C. ANKARA ÜNİVERSİTESİ Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu	
Konu : Etik Kurul Hk. Sayı : 36290600/13		16.06.2020
Sayın Prof. Dr. Levent ÖZER A.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı Öğretim Üyesi		
Prof. Dr. Levent ÖZER tarafından gönderilen “Süt Dişlerinde Cam Hibrit Restoratif Materyalin Marjinal Sızıntısının Mikro-Bilgisayarlı Tomografi İle Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi” konulu çalışma, Etik Kurulumuz tarafından incelenmiş ve araştırma etiği açısından uygun bulunmuştur.		
Bilgilerinizi saygılarımla rica ederim.		
		 Prof. Dr. Murat AKKAYA Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanı
Eki: 3 sayfa		

	KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU	
		Sayfa Sayısı: 1/1

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Süt Dişlerinde Cam Hibrit Restoratif Materyalin Marjinal Sızıntısının Mikro-Bilgisayarlı Tomografi İle Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	ANKARA ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
	AÇIK ADRESİ:	A.Ü. DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ BEŞEVLER / ANKARA
	TELEFON	2965537
	FAKS	
	E-POSTA	disetik@ankara.edu.tr

BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	PROF. DR. LEVENT ÖZER			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	ANK. ÜNV. DİŞ HEK. FAK. PEDODONTİ ANABİLİM DALI			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	ANKARA			
	VARSA İDARİ SORUMLU UNVANI/ADI/SOYADI				
	DESTEKLEYİCİ				
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI (TÜBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alanlar için)				
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ				
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1	☐		
		FAZ 2	☐		
		FAZ 3	☐		
		FAZ 4	☐		
		Gözlemsel ilaç çalışması	☐		
		Tıbbi cihaz klinik araştırması	☐		
		İn vitro tıbbi tanı cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları	☐		
		İlaç dışı klinik araştırma	☒		
	İlaç Dışı Girişimsel Olmayan Çalışma				
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☒	ÇOK MERKEZLİ	ULUSAL ☐	ULUSLARARASI ☐	

Etik Kurulu Başkanı'nın
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Murat AKKAYA

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

	KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU			
				Sayfa Sayısı: 1/2

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Süt Dişlerinde Cam Hibrit Restoratif Materyalin Marjinal Sızıntısının Mikro-Bilgisayarlı Tomografi ile Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	28.05.2020	1	Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ			Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı	Açıklama		
	SİGORTA	☐		
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	☐		
	BIYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	☐		
	İLAN	☐		
	YILLIK BİLDİRİM	☐		
	SONUÇ RAPORU	☐		
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	☐		
	DİĞER:	☐		
	KARAR BİLGİLERİ	Karar No: 05/106	Tarih: 03.06.2020	
Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak; incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir. İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan araştırmalar/çalışmalar için Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu'ndan izin alınması gerekmektedir.				

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırma ile ilişki	Katılım *	İmza
Prof. Dr. Murat AKKAYA	Periodontoloji	Ankara Üniv. Diş Hek. Fakültesi	E ☐ K ☐	E ☐ H ☐	E ☐ H ☐	
Prof. Dr. Fatmagül ZIRAMAN	Endodonti	Ankara Üniv. Diş Hek. Fakültesi	E ☐ K ☐	E ☐ H ☐	E ☐ H ☐	
Prof. Dr. Serpil ALTUNDOĞAN	Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi	Ankara Üniv. Diş Hek. Fakültesi	E ☐ K ☐	E ☐ H ☐	E ☐ H ☐	
Prof. Dr. Sadullah ÜÇTAŞLI	Protetik Diş Tedavisi	Ankara Üniv. Diş Hek. Fakültesi	E ☐ K ☐	E ☐ H ☐	E ☐ H ☐	
Prof. Dr. Ufuk TOYGAR MEMİKOĞLU	Ortodonti	Ankara Üniv. Diş Hek. Fakültesi	E ☐ K ☐	E ☐ H ☐	E ☐ H ☐	
Prof. Dr. Şaziye SARI	Pedodonti	Ankara Üniv. Diş Hek. Fakültesi	E ☐ K ☐	E ☐ H ☐	E ☐ H ☐	

Etik Kurul Başkanı
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Murat AKKAYA

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

	KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU	
		Sayfa Sayısı: 1/3

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Süt Dişlerinde Cam Hibrit Restoratif Materyalin Marjinal Sızıntısının Mikro-Bilgisayarlı Tomografi ile Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
Prof. Dr. Adil NALÇACI	Diş Hastalıkları ve Tedavisi	Ankara Üniv. Diş Hek. Fakültesi	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	
Doç. Dr. Bilge PEHLIVANOĞLU	Fizyoloji	Hacettepe Üniv. Tıp Fakültesi	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	
Doç. Dr. Sevil ÖZGER İLHAN	Farmakoloji	Gazi Üniv. Tıp Fakültesi	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	
Yrd. Doç. Dr. Sevilay KARAHAHAN	Bioistatistik	Hacettepe Üniv. Tıp Fakültesi	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	
Dr. Öğr. Üyesi Şafak PARLAK BÖRÜ	Hukuk	Ankara Üniv. Hukuk Fakültesi	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	
Kimya Müh. Orhan YILMAZ	Bilgisayar	Ankara Üniv. Diş Hek. Fakültesi	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	

*
:Toplantıda Bulunma

Etik Kurul Başkanı'nın
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Murat AKKAYA

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

Ek-2. Onam Formları

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ ONAM FORMU

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'nda yürütülmekte olan "Süt dişlerinde cam hibrit restoratif materyalin marjinal sızıntısının Mikro-Bilgisayarlı Tomografi ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi" konulu araştırmaya katılmanız istenmektedir. Bu araştırmada çekim kararı verilen süt azı dişler kullanılacaktır. Yapılan klinik ve radyografik muayene sonucunda velisi bulunduğunuz çocuğunuzun dişinin çekilmesine karar verilmiştir. Size ait bilgiler bu çalışma dışında başka hiçbir yerde herhangi bir amaçla kullanılmayacaktır. Çekilmesi planlanan dişin çalışmamızda kullanılıp kullanılmaması kararı size ait olup, kabul etmemeniz durumunda çekilecek olan diş bu çalışma için kullanılmak üzere alınmayacaktır. Kabul etmemeniz durumunda dahi tedavileriniz planlandığı üzere devam edecektir.

Bu çalışmada yer almayı kabul ediyorum. Prof.Dr. Levent Özer ya da Dt. Bahar Zincir tarafından çalışmanın amacı ve sonuçları hakkında bilgilendirildim.

Hasta Velisi Ad-Soyad:

Tarih:

İmza:

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ ONAM FORMU (Çocuk)

Süt azı dişin artık kullanılamayacak duruma geldiği için doktor ablalar/ağabeyler tarafından çekilmesi gerektiğine karar verilmiştir. Eğer izin verersen çekilen dişini/dişlerini doktor abageyin/ablanın yapacağı bir araştırmada kullanmak istiyoruz. Eğer dişini vermek istemezsen de önemli değil, başkalarından alabiliriz.

Çekilen süt dişimin/dişlerimin Levent Özer ya da Bahar Zincir tarafından alınmasına izin veriyorum ve bu ağabey/abla bana açıklama yapmıştır.

Çocuk Hasta:

Adı-Soyadı:

Tarih:

İmza:

Tanık:

Adı-Soyadı:

Tarih:

İmza: