

T.C
ORDU ÜNİVERSİTESİ



**FARKLI TİPTEKİ RESTORATİF CAM
İYONOMER SİMANLARIN MİKROSİZİNTİSİ
ÜZERİNE ISI UYGULANMASININ ETKİSİ**

**DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PEDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

FATİH BAYAR

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Çiğdem GÜLER**

ORDU-2017

T.C
ORDU ÜNİVERSİTESİ

**FARKLI TİPTEKİ RESTORATİF CAM
İYONOMER SİMANLARIN MİKROSİZİNTİSİ
ÜZERİNE ISI UYGULANMASININ ETKİSİ**

**DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PEDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

FATİH BAYAR

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Çiğdem GÜLER**

**Bu uzmanlık tezi Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından TU- 2016/06 proje numarası ile desteklenmiştir.**

ORDU-2017

T.C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

PEDODONTİ ANABİLİM DALI

FARKLI TİPTEKİ RESTORATİF CAM İYONOMER SİMANLARIN
MİKROSIZINTISI ÜZERİNE ISI UYGULANMASININ ETKİSİ

Dt. Fatih Bayar

Tezin Verildiği Tarih : 14 Eylül 2017

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 5 Ekim 2017

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Çiğdem Güler

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Fatih Öznurhan


Jüri Üyesi : Doç. Dr. Nihal Beldüz Kara

Dekan : Prof. Dr. Tarık Yarılgaç Dekan V.

ORDU-2017

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.


Fatih BAYAR

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca bana yardımcı olan ve tezimin her aşamasında yol gösteren danışman hocam Doç. Dr. Çiğdem GÜLER'e,

Tez çalışmamın istatistiksel analizinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Soner ÇANKAYA'ya,

Stereomikroskop değerlendirmelerinin yapılmasında yardımcı olan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Ülkü KARAMAN'a,

Tıp rotasyonlarım süresince dostluklarını esirgemeyen ve bilgilerini benimle paylaşan sevgili hocalarıma ve arkadaşlarıma,

Meslek hayatımda her konuda yardımcı ve destek olan Ege Üniversitesi Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Ali Rıza ALPÖZ'e,

Beni bugünlere getiren, büyük bir fedakârlıkla büyütüp okutan, hayatımın her aşamasında destek olan aileme ve dostlarıma,

Bu uzmanlık tezini TU - 1606 proje numarası ile destekleyen Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi'ne teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

FARKLI TİPTEKİ RESTORATİF CAM İYONOMER SİMANLARIN MİKROSIZINTISI ÜZERİNE ISI UYGULANMASININ ETKİSİ

Amaç: Bu in vitro çalışmanın amacı, farklı tipteki restoratif cam iyonomer simanlara [geleneksel cam iyonomer (GC Fuji IX), rezin modifiye cam iyonomer (GC Fuji II LC), yüksek viskoziteli cam iyonomer (GC EQUIA Fil) ve cam karbomer (GCP Glass Fill)] ısı uygulanmasının mikrosızıntısı üzerine etkisini değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem: Çalışma için toplam 112 adet çürüksüz süt ikinci azı dişinin hem bukkal hem de lingual/palatinal yüzeylerine standart sınıf V kaviteler (4X2X2 mm) açılmış ve dört farklı tipteki restoratif cam iyonomer siman ile restorasyonlar yapılmıştır. Isı uygulamasının mikrosızıntı üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi için her restoratif cam iyonomer siman kendi içinde 4 gruba (kontrol, 20 s, 40 s ve 60 s ısı uygulaması) ayrılmıştır. Dişler termal siklus uygulanmasını takiben rutin boya ve kesit alımı işlemlerine tabi tutularak stereomikroskop altında dişlerin görüntüleri alınmıştır. Mikrosızıntının değerlendirilmesi için bir görüntü analiz programı ile (ImageJ) milimetrik olarak ölçülmüştür. İstatistiksel analizler Kruskal-Wallis, Kolmogorov-Smirnov ve Mann-Whitney U testleri ile yapılmıştır.

Bulgular: Tüm restoratif cam iyonomerlerde gingival bölgede okluzal bölgeden daha yüksek mikrosızıntı tespit edilmiştir ($p<0,01$). Hem okluzal hem de gingival bölgede en az mikrosızıntı yüksek viskoziteli cam iyonomer simanda (GC EQUIA Fil) elde edilmiştir ($p<0,001$). Bununla birlikte, diğer restoratif cam iyonomer simanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Her bir restoratif cam iyonomerin kendi içinde ısı uygulamasına göre ortalama mikrosızıntı değerleri karşılaştırıldığında; hem okluzal hem de gingival bölgede istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Bununla birlikte, okluzal bölgede cam karbomer (GCP Glass Fill) hariç, diğer tüm restoratif cam iyonomerlerde, gingival bölgede ise yüksek viskoziteli cam iyonomer (GC EQUIA Fil) hariç, diğer tüm restoratif cam iyonomerlerde 60 s ısı uygulaması yapıldığında mikrosızıntı değerlerinde kontrol grubuna göre bir düşüş tespit edilmiştir.

Sonuç: Çalışmada kullanılan cam iyonomer simanlarda ısı uygulaması istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmasa bile mikrosızıntıyı azaltmıştır.

Anahtar Kelimeler: Cam iyonomer siman, ısı uygulaması, mikrosızıntı, süt dişi.



ABSTRACT

THE EFFECT OF HEAT APPLICATION ON THE MICROLEAKAGE OF DIFFERENT TYPES OF GLASS IONOMER CEMENTS

Aim: The purpose of this in vitro study is to evaluate the effect of heat application on the microleakage of different types of restorative glass ionomer cements [conventional glass ionomer (GC Fuji IX), resin modified glass ionomer (GC Fuji II LC), high viscosity glass ionomer (GC EQUIA Fil) and glass carbomer (GCP Glass Fill)].

Materials and Methods: For the study, standard class V cavities (4X2X2 mm) were prepared on both buccal and lingual / palatal surfaces of a total of 112 non-carious deciduous second molar teeth and restorations were made with four different types of restorative glass ionomer cements. Each restorative glass ionomer cement was divided into 4 groups (control, 20 s, 40 s and 60 s heat application) to assess the effect of heat application on the microleakage. Following thermal cycling, the teeth were subjected to routine dye and cross-sectional procedures and images were taken under stereomicroscope. Microleakage assessment was measured in millimeters by an image analysis program (ImageJ). Statistical analyzes were performed with Kruskal-Wallis, Kolmogorov-Smirnov and Mann-Whitney U tests.

Results: In all restorative glass ionomers, microleakage higher than the occlusal region in the gingival region was detected ($p < 0.01$). High viscosity glass ionomer (GC EQUIA Fil) showed the least microleakage in both occlusal and gingival regions ($p < 0.001$). However, no statistically significant difference was found between the other restorative glass ionomer cements ($p > 0.05$). When the average microleakage values of each restorative glass ionomer according to heat application are compared, There was no statistically significant difference in both occlusal and gingival regions ($p > 0.05$). In addition, a decrease in microleakage values compared to the control group was observed in all other restorative glass ionomers except for the glass carbomer (GCP Glass Fill) glass in the occlusal region and the high viscous glass ionomer (GC EQUIA Fil) in the gingival region.

Conclusion: Heat application in all glass ionomer cements used in the study reduced microleakage even though there was no statistically significant difference.

Keywords: Glass ionomer cement, heat application, microleakage, primary teeth.



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

İÇ KAPAK SAYFASI

ONAY

TEZ BİLDİRİMİ

i

TEŞEKKÜR

ii

ÖZET

iii

ABSTRACT

v

İÇİNDEKİLER

vii

ŞEKİLLER DİZİNİ

xi

TABLolar DİZİNİ

xiii

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

xiv

1. GİRİŞ

1

2. GENEL BİLGİLER

2

2.1. Cam İyonomer Simanlar

2

2.2. Cam İyonomer Simanların Sınıflandırılması

3

2.3. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar

4

2.3.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanın Toz İçeriği

4

2.3.2. Geleneksel Cam İyonomer Simanın Likit İçeriği

6

2.3.3. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Sertleşme

8

Mekanizması ve Adezyonu

2.3.4. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Endikasyonları	11
2.3.5. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Avantajları	13
2.3.6. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Dezavantajları	14
2.3.7. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Toz ve Likitine	15

Yapılan İlaveler

2.4. Geleneksel Cam İyonomer Simanlara Isı Uygulanması	17
2.5. Isı Kaynakları	18
2.5.1. Halojen Işık Cihazları	18
2.5.2. LED (Light Emitting Diodes) Işık Kaynakları	19
2.5.3. Ultrasonik Cihazlar	19
2.6. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar (Hibrit İyonomer Simanlar)	20
2.7. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar	23
2.8. Cam Karbomerler	25
2.9. Mikrosızıntı	27
2.9.1. Termal Siklus	27
2.9.2. Mikrosızıntı Değerlendirme Yöntemleri	28
2.9.2.1. Mikrosızıntının Tespitinde Kullanılan Boyalar	28
2.9.2.2. Mikrosızıntının Değerlendirilmesinde Kullanılan	29

Mikroskoplar

3. GEREÇ VE YÖNTEM	31
3.1. Çalışmada Kullanılan Gereçler	32
3.1.1. Dişlerin Kavite ve Polisaj İşlemleri İçin Kullanılan Gereçler	32
3.1.2. Kavitelerin Hazırlanması için Kullanılan Gereçler	32
3.1.3. Çalışmada Kullanılan Restoratif Cam İyonomerler	33
3.1.4. Mikrosızıntı Deneyinde Kullanılan Gereçler	36
3.2. Yöntem	37
3.2.1. Dişlerin Toplanması	37
3.2.2. Çalışma Gruplarının Oluşturulması	38
3.2.3. Termal Siklus ile Yaşlandırma	42
3.2.4. Mikrosızıntı Deneyinin Uygulanması	42
3.2.5. SEM Değerlendirmesi	43
3.2.6. İstatistiksel Analiz	43
4. BULGULAR	44
4.1. Mikrosızıntı Bulguları	44
4.2. Restoratif Cam İyonomerlerin Stereomikroskop Görüntüleri	51
4.3. Restoratif Cam İyonomerlerin SEM Görüntüleri	52
5. TARTIŞMA	54
5.1. Gereç ve Yöntemin Tartışılması	54
5.2. Isı Uygulanmasının Tartışması	57
5.3. Restoratif Materyallerin Tartışılması	62

5.3.1. Geleneksel Cam İyonomerin (GC Fuji IX) Tartışılması	62
5.3.2. Rezin Modifiye Cam İyonomerin (GC Fuji II LC) Tartışılması	64
5.3.3. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomerin (GC EQUIA Fill) Tartışılması	66
5.3.4. Cam Karbomerin (GCP Glass Fill) Tartışılması	68
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	70
7. KAYNAKLAR	72
8. ÖZGEÇMİŞ	90

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Geleneksel cam iyonomer simanların sertleşme mekanizması	8
Şekil 3.1. Dişlerin kavite ve polisaj işlemleri için kullanılan gereçler	32
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan geleneksel cam iyonomer siman GC Fuji IX	34
Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan rezin modifiye cam iyonomer siman GC Fuji II LC	34
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan yüksek viskoziteli cam iyonomer siman EQUIA Fil	35
Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan cam karbomer GCP Glass Fill	35
Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan termal siklus cihazı	36
Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan kesit alma cihazı	36
Şekil 3.8. Çalışmada kullanılan stereomikroskop	37
Şekil 3.9. Çalışmada kullanılan taramalı elektron mikroskop (SEM)	37
Şekil 3.10. Kavite preparasyonu	39
Şekil 3.11. Hazırlanan sınıf V kavite	39
Şekil 3.12. VALO LED ışık cihazı	41
Şekil 3.13. Diş yüzeylerinin oje ile örtülmesi	42
Şekil 4.1. Tüm restoratif materyaller için okluzal ve gingival bölgede genel mikrosızıntı değerlerinin grafiksel dağılımı	45
Şekil 4.2. Restoratif cam iyonomerlerde stereomikroskop görüntüsü	51
Şekil 4.3. Geleneksel cam iyonomerde (GC Fuji IX GP) mikrosızıntı görülen bir örnekte SEM görüntüsü.	52
Şekil 4.4. Resin modifiye cam iyonomerde (GC Fuji II LC) mikrosızıntı görülen bir örnekte SEM görüntüsü.	52

Şekil 4.5. Yüksek viskoziteli cam iyonomerde (GC EQUIA Fil) 53

mikrosızıntı görülen bir örnekte SEM görüntüsü.

Şekil 4.6. Cam karbomerde (GCP Glass Fill) mikrosızıntı 53

görülen bir örnekte SEM görüntüsü.



TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan restoratif cam iyonomerler	33
Tablo 4.1. Tüm restoratif cam iyonomerler için okluzal ve gingival bölgede genel mikrosızıntı değerlerinin dağılımı	44
Tablo 4.2. Tüm restoratif cam iyonomerler için ısı uygulamasına göre okluzal ve gingival bölgede mikrosızıntı değerlerinin dağılımı	46
Tablo 4.3. Tüm restoratif cam iyonomerlerde ısı uygulamasına göre “kontrol” grupları için okluzal ve gingival bölgede mikrosızıntı değerlerinin dağılımı	47
Tablo 4.4. Tüm restoratif cam iyonomerlerde ısı uygulamasına göre “20 s” grupları için okluzal ve gingival bölgede mikrosızıntı değerlerinin dağılımı	48
Tablo 4.5. Tüm restoratif cam iyonomerlerde ısı uygulamasına göre “40 s” grupları için okluzal ve gingival bölgede mikrosızıntı değerlerinin dağılımı	49
Tablo 4.6. Tüm restoratif cam iyonomerlerde ısı uygulamasına göre “60 s” grupları için okluzal ve gingival bölgede mikrosızıntı değerlerinin dağılımı	50

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

°C	: Santigrat derece
ASPA	: Aluminosilikat poliakrilik asit
EDTA	: Etilen diamin tetra asetik asit
Er:YAG	: Erbium: yttrium aluminum garnet
HEMA	: 2-hidroksietil metakrilat
ISO	: International Organization for Standardization
LED	: Işık yayan diyotlar (Light emitting diodes)
mbar	: Milibar
mm	: Milimetre
MPa	: Megapaskal (N/mm ²)
mW/cm ²	: Miliwatt/santimetrekare
n	: Örnek sayısı
nm	: Nanometre
Ort	: Ortalama
pH	: Power of Hydrogen
ppm	: Parts per million (milyonda bir birim)
RMCİS	: Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman
SEM	: Tarayıcı elektron mikroskobu
s	: Saniye
SS	: Standart sapma
µm	: Mikrometre

1. GİRİŞ

Cam iyonomer simanlar çocuk diş hekimliğinde (pedodonti) vazgeçilmez restoratif materyallerden biridir. Bu restoratif materyal 1970'li yıllardan günümüze kadar farklı modifikasyonlar yapılarak, farklı özellikler kazandırılmıştır (Dayangaç, 2000; Yip ve ark., 2001).

Cam iyonomer simanların diş dokularına kimyasal olarak bağlanabilmeleri, uygulama kolaylığı, flor salınımı, kenar sızıntısını azaltması ve flor rezervuarı işlevi görmesi gibi avantajları bulunmaktadır (Yip ve ark., 2001). Uygulama sırasında neme ve kurumaya olan duyarlılıkları ve fiziksel özelliklerinin yetersiz olması dezavantajları olarak gösterilmektedir (Mount, 1994; Yip ve ark., 2001).

Restoratif materyallerin uzun ömürlü olabilmesi için diş-restorasyon ara yüzeyinden mikrosızıntının önlenmesi gerekir. İdeal bir restoratif materyalin kavite duvarlarına adaptasyonu iyi ve mikrosızıntısı minimum olmalıdır (Kidd, 1976). Mikrosızıntı; bakteri ve ürünlerinin geçişine, plak birikimine neden olmaktadır. Bu durum ilgili bölgede renklenme, gingivitis, sekonder çürük ve pulpal enfeksiyonlar ile ilişkilidir. Diş-restoratif materyal arasında iyi bir adaptasyon olduğunda ağız sıvıları ve bakterilerinin bu bölgeden pulpaya geçişi önlenir ve böylece sekonder çürük ve periodontal enfeksiyonların oluşma riski en az seviyeye inmektedir (Dejou ve ark., 1996).

Cam iyonomer simanlara ısı uygulamasıyla sıkışma dayanımı artmakta (Kleverlaan ve ark., 2004; Algera ve ark., 2006), mikrosızıntı azalmakta ve mine dokusunda artmış marjinal adaptasyon görülmektedir (Gorseta ve ark., 2012).

Cam iyonomer simanlara ısı uygulaması; yüksek enerjili LED ışık kaynakları, halojen lambalar veya ultrasonik kaynakların kullanımıyla sağlanmaktadır (Vandewalle ve ark., 2005; Fagundes ve ark., 2006).

Bu çalışma özellikle çocuk diş hekimliği alanında sık kullanılan farklı tipteki restoratif cam iyonomer simanlara (geleneksel cam iyonomer, rezin modifiye cam iyonomer, yüksek viskoziteli cam iyonomer ve cam karbomer) ısı uygulanmasının mikrosızıntısı üzerine etkisini in vitro koşullarda değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Cam İyonomer Simanlar

Cam iyonomer simanlar, ilk olarak 1972 yılında Wilson ve Kent tarafından tanıtılmıştır (Wilson ve Kent, 1972). Cam iyonomer simanlar, cam polialkenoat siman ve polialkenoat siman olarak da isimlendirilmektedir (Mounth, 1990).

Mine ve dentine kimyasal bağlanma, flor salınımı, termal genleşme katsayısının diş dokusuyla uyumlu olması gibi avantajları bulunan cam iyonomer simanların, düşük kırılma ve aşınma direnci, sertleşmeleri sırasında neme ve kuruluğa karşı hassas olmaları gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Yap ve ark., 2003). Fiziksel özelliklerinin yetersiz olması, yoğun çiğneme kuvvetlerinin olduğu bölgelerde kullanımını sınırlandırmaktadır (Yap ve ark., 2003).

Cam iyonomer simanlar toz ve likitten oluşurlar ve zayıf polimerik asit ve toz haline getirilmiş cam partiküllerinin asit-baz reaksiyonu ile sertleşirler (Mount, 2002). Likiti poliakrilik asit ve ko-monomerler içerirken, tozu ise büyük miktarlarda kalsiyum ve flor az miktarda sodyum ve fosfat içermektedir. İlk üretilen cam iyonomerlere Alüminüo Slikat Poli Akriyat (ASPA) adı verilmiştir ve günümüzde toz ve likit içeriğinin değişik varyasyonları kullanılarak ASPA'nın farklı türleri üretilmiştir (Bayırlı ve Şirin, 1982).

İlk olarak cam iyonomer simanlar, De Trey firması tarafından Avrupa'da 1975 yılında, Amerika'da ise 1977 yılında ASPA-I adı altında piyasaya sürülmüştür (Albers, 2002; Moshaverinia ve ark., 2008). ASPA-I'in kısıtlı çalışma zamanı ve sertleşme süresinin uzun sürmesi, nem kontaminasyonuna duyarlı hale getirmektedir (Causton, 1981). Bu olumsuz özellikleri azaltmak için ASPA-I'e tartarik asit ve poliakrilik asit eklenerek sertleşme süresinin kısaltılması amaçlanmıştır ve ASPA-II geliştirilmiştir. Fakat ASPA-II'de likitin poliakrilik ve homopolimer komponentleri katılınca simanın yapısına metil alkol eklenip modifiye edilmiş ve ASPA-III üretilmiştir (Crisp ve ark., 1975). ASPA-III klinik olarak ağız içinde renklenme sorunu nedeni ile başarılı olmamıştır ve bu simanın likitine itakonik asit ve akrilik kopolimerler eklenerek ASPA-IV geliştirilmiştir (Crisp ve ark., 1980). ASPA-IV'ün mekanik özelliklerini geliştirmek için asitin kurutulup cam tozuna ilave edilmesi ile

ASPA V piyasaya sürülmüştür. Bu materyalin donma süresi daha kısadır ve dayanıklılığı arttırılmıştır. Aynı cam iyonomer siman ASPA V ismiyle inceltilerek yapıştırma simanı olarak da piyasaya sürülmüştür (McLean ve Wilson, 1977; Lacefield ve ark., 1985).

ASPA'nın özellikleri polikarboksilat simanla silikat simanların özelliklerinin birleşimi şeklindedir (Kent ve ark., 1973). Adezyonu, polikarboksilat simana benzemektedir (Kent ve ark., 1973; McLean ve Wilson, 1977). Cam iyonomer simanların estetik olarak daha uyumlu olması, polikarboksilat simana göre bir avantajdır. Kimyasal farklılıklar olmasına rağmen, silikat simanlarla benzer birçok özelliklere sahiptir. Her iki siman da benzer dayanıklılığa sahiptir, fakat cam iyonomer simanlar asit ataklarına karşı daha dirençlidir (McLean ve Wilson, 1977). Ayrıca cam iyonomer simanlar yüzey özellikleri bakımından daha üstün olup, hem suya karşı hem de zayıf asit ataklarına karşı bütünlüğünü korumaktadır (Kent ve ark., 1973).

2.2. Cam İyonomer Simanların Sınıflandırılması

Cam iyonomer simanlar kullanım şekillerine göre dört alt başlıkta incelenebilir (Dayangaç, 2000; Mount, 2002):

1. Tip I: Yapıştırma amaçlı kullanılan simanlardır. Ortodontik braketlerin yapıştırılmasında, kron-köprü, inley ve onley simantasyonunda kullanılırlar.

2. Tip II: Restoratif amaçla kullanılan simanlardır. 2 alt tipi bulunmaktadır.

Tip IIa: Anterior bölgede estetik amaçlarla kullanılan restoratif cam iyonomerler,

Tip IIb: Posterior bölgede kullanılan restoratif cam iyonomerlerdir.

3. Tip III: Kaide materyali ve fissür örtücü olarak kullanılan cam iyonomerlerdir. Tüm alt gruplarda kimyasal içerik benzerdir ve kullanım amacına göre gerekli fonksiyonu sağlaması için toz:likit oranlarında ve toz partiküllerinin hacimlerinde değişiklikler yapılmıştır.

Bir başka sınıflandırmada ise cam iyonomer simanlar sertleşme reaksiyonlarına göre üç alt başlıkta incelenmiştir (McLean ve ark., 1994):

1. Geleneksel cam iyonomer simanlar,
2. rezin modifiye cam iyonomer simanlar,
3. poliasit modifiye kompozit rezinler.

2.3. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar

Geleneksel cam iyonomer simanların 3 temel bileşeni olup bunlar temel cam partikülleri, suda çözünen polimerik asit ve sudur (McLean ve ark., 1994).

Bu materyalde genellikle polimerik asitin aköz solüsyonu ve uygun oranda cam tozu karıştırılınca visköz kıvamlı siman elde edilir. Cam iyonomer simanlar yaklaşık %45 oranında polimerik asitin (akrilik asit) aköz solüsyonundan oluşurken, toz kısmı kalsiyum floroalüminosilikat cam partiküllerinden oluşmaktadır (Kent ve ark., 1973).

Asit, cam iyonomer simanların yapısında farklı şekilde bulunabilir. Asit ve cam partiküllerinin toza ilave edilip likiti saf su olan veya asitin likite ilave edildiği cam iyonomer simanlar mevcuttur. Asitin toza veya likite eklenmesinin materyalin sertleşmesinde herhangi bir olumsuz etkisi bulunmamaktadır.

Geleneksel cam iyonomer simanlar genellikle sertleştikten sonra hassas yapıda olup ağız sıvılarında stabil değildir. Ancak zaman geçtikçe reaksiyon devam ettikçe simanın yapısı güçlenir ve neme karşı daha dirençli olur. Basma dayanımı 24 saat sonunda 200 MPa iken, 1 yıl sonunda 400 MPa'ya yükselmektedir (Khoroushi ve ark., 2012).

Geleneksel cam iyonomer simanların özellikleri toz içinde dağılan partikül büyüklüğüne, yapısına, molekül ağırlığına, kimyasal kompozisyonuna, likiti oluşturan poliasitin konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir (Kent ve ark., 1973).

2.3.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanın Toz İçeriği

Geleneksel cam iyonomer simanın toz komponenti, simanın kimyasal kompozisyonuna göre değişiklik gösterse de 1100 -1500 °C'de sinterlenip toz haline getirilmiş silika (SiO₂), alümina (Al₂O₃), kriolit (Na₃AlF₆), alüminyum triflorid (AlF₃), flor rezervuarı olması için kalsiyum florid (CaF₂) ve alüminyum fosfat (AlPO₄) bileşenlerinden oluşmaktadır (Wilson ve Nicholson,1993). İçerdiği metal iyonları ise,

alüminyum (Al^{+3}), kalsiyum (Ca^{+2}), çinko (Zn^{+2}), stronsiyum (Sr^{+2}), latanyum (La^{+3}) ve potasyum (K^{+})'dur (Klinge ve ark., 1999; Kleverlaan ve ark., 2004).

Cam iskelet yapı, üç boyutlu silikat yapısıyla tetrahedral bir yapıdan meydana gelmektedir ve bu yapıyı alüminyum oksit ve silisyum dioksit bileşikleri oluşturur. Alüminyum iyonu tetrahedral yapının merkezinde oluşan silika iyonunun yerine geçmektedir. Sistemde alkali iyonlar Al^{+3} iyonlarının çevresinde yer alarak elektron nötralizasyonunu sağlamaya yardımcı olur. Modifiye olan alkali iyonlar silikat yapının moleküler ağırlığını azaltıp yüksek tepkimeli poliasitli cam oluşumunu sağlar (Davidson ve Mjör, 1999). Camın yapısında bulunan flor ve fosfat iyonları tetrahedral yapıda bulunmazlar (Crisp ve ark., 1980).

Flor içeren cam partikülleri, cam iyonomer simanlar ilk üretildiğinde tanımlanmıştır. Yapı olarak silika alümina kalsiyum florid ($SiO_2-Al_2O_3-CaF_2$) bileşiği veya daha kompleks yapıdaki silika alümina difosfor pentaoksit kalsiyum oksit kalsiyum florid ($SiO_2-Al_2O_3-P_2O_5-CaO-CaF_2$) bileşiği şeklinde bulunur (Hill ve Wilson, 1988).

Flor iyonları, cam yapıya bağ yapmamış oksijen katmaktadır. Bundan dolayı CaF_2 bileşiği, CaO 'dan daha etkilidir ve $CaOH$ 'ın, CaF_2 ile yer değiştirmesi cam yapının asit ataklarına karşı direncini artırırken, simanın sertleşme süresini önemli ölçüde kısaltmaktadır (Wilson ve ark., 1983). Ayrıca cam iyonomer simanların tozunda bulunan flor ve fosfat, simanın erime sıcaklığını düşürür ve dayanıklılığını artırır. Radyoopasiteyi ise stronsiyum oksit ve latanyum oksit bileşikleri oluşturur (Davidson ve Mjör, 1999).

Floroalimünosilikat cam, simana diğer flor bileşikleri eklenmeden, flor salınımı yönünden önemli bir rol oynar. Sertleşen simandan salınan florun ana kaynağını siman matriksi oluşturmakla birlikte az bir kısmı da camın kor yapısından salındığı düşünülmektedir. Camın iskeletsel yapısında flor olmadığından yapısında bulunan florun, simanın matriks kısmından difüze olup yavaş yavaş salındığı düşünülür. Flor salınımı cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerinde herhangi bir değişikliğe neden olmaz. Ağız içindeki flor iyonu düzeyi herhangi bir sebeple azalırsa siman içerisindeki mevcut iyonlar salınıp ortamdaki flor düzeyi dengede tutulmaya çalışılır. Tersine simanın etrafında flor iyonu düzeyinde artma görülürse, flor simanın içine

difüze olur. Böylece florun simanın matriks yapısına difüzyonu, cam iyonomer simanlara flor geri alım özelliği kazandırmaktadır (Takigawa, 1982; Smith, 1998).

Su, cam iyonomer simanların üçüncü gerekli bileşinidir. Su polimerik asiti çözüp, proton salınımı yapan polimerin salınımını kolaylaştırır. Sertleşme sürecinde iyi bir taşıyıcı ortam olarak görev alır. Suyun cam iyonomer simanlara katılması simanın artmış translusensliğiyle ilişkilidir. Sıkı bağlanan suyun oranı ilk ay zamanla artar (Nicholson, 1998). Yeni yapılmış cam iyonomer simanlarda yüzeyden bağlı olmayan su kaybedilir. Bu da mikroskobik çatlaklar bulunan estetik olmayan tebeşirimsi görünümün ortaya çıkmasına yol açar. Bunu önlemek için simanın üzerinin uygun örtücü veya vernikle kapatılması gerekir (Earl ve ark., 1989).

Cam iyonomer ve kompomerlerde flor salınımının mekanizması olarak tam olarak bilinmemekle birlikte bazı yazarlar materyaller arasında olan bu farklılığı restorasyonların su emme mekanizmalarındaki farklılıkla açıklamaktadır (Asmussen ve Peutzfeldt, 2002; Sales ve ark., 2003).

2.3.2. Geleneksel Cam İyonomer Simanın Likit İçeriği

Cam iyonomer simanların likitinde kullanılan polimerler; polialkelenik asitler, homopolimer yapıdaki poliasit (akrilik asit), akrilik asidin 2:1'lik kopolimeri, maleik asit veya poliasit (vinil fosfonik asit)'tir (Ellis ve Wilson, 1990). Cam iyonomer simanların yapısına katılan polimer türü simanın özelliklerini etkilemektedir. Yüksek moleküler ağırlıkta olan polimer türleri simanın sertleşme dayanımını artırır, fakat bu polimerlerin solüsyonları yüksek viskozite gösterir ve bu durum simanların karıştırılmasını güçleştirir. Moleküler ağırlıkları bu yüzden bu faktörler göz önüne alarak seçilmelidir. Optimum özellikler, ortalama moleküler ağırlıkları 11 000 (ortalama sayı) ve 52 000 (ortalama kütle) ile elde edilir (Fareed ve Stamboulis, 2014).

Akrilik asitin homopolimerlerinden hazırlanan simanların karıştırılmasından sonra ilk 4 - 6 hafta içinde basma dayanımında artış görülür. Diğer yandan akrilik-maleik asit kopolimerlerinden oluşan simanlarda basma dayanımında belli bir noktaya kadar artış görülür, fakat sonra bu değerde düşüş görülür. Basma dayanımı materyallerin olması gereken temel özelliklerinden değildir. Çünkü farklı yönlerden gelen kompresif kuvvetler, fraktüre yol açmaktadır. Ölçülen basma dayanımı materyalin zamanla geçireceği yavaş değişiklikler için önemlidir (Nicholson, 1998).

Klinik kullanımda homopolimer kopolimer simanlar arasındaki bu farklılık önemli değildir.

Tartarik asitin ilave edilmesi çalışma zamanını uzatır, simanın sertleşme reaksiyonunu geliştirir ve simanın daha kolay ve daha iyi manipülasyonu ile sonuçlanır (Khoroushi ve ark., 2012).

Cam iyonomer simanlarda florealüminasilikat bileşiği ile reaksiyona giren poliasit genellikle polikarboksilik asitten oluşur.

Cam iyonomer simanlarda kullanılan asitin görevleri:

1. Cam yapısını değiştirerek cam yapısında bulunan bağları hidrolize eder,
2. karboksilat gruplarıyla şelasyon oluşmasını sağlar,
3. poliakrilik zincirler arasında alüminyum ve kalsiyum katyonları salarak çapraz bağları oluşturur (De Barra ve Hill, 2000).

Çapraz bağların sayısı arttıkça buna paralel olarak cam iyonomer simanların elastisite modülü artmaktadır (Billington ve ark., 1998).

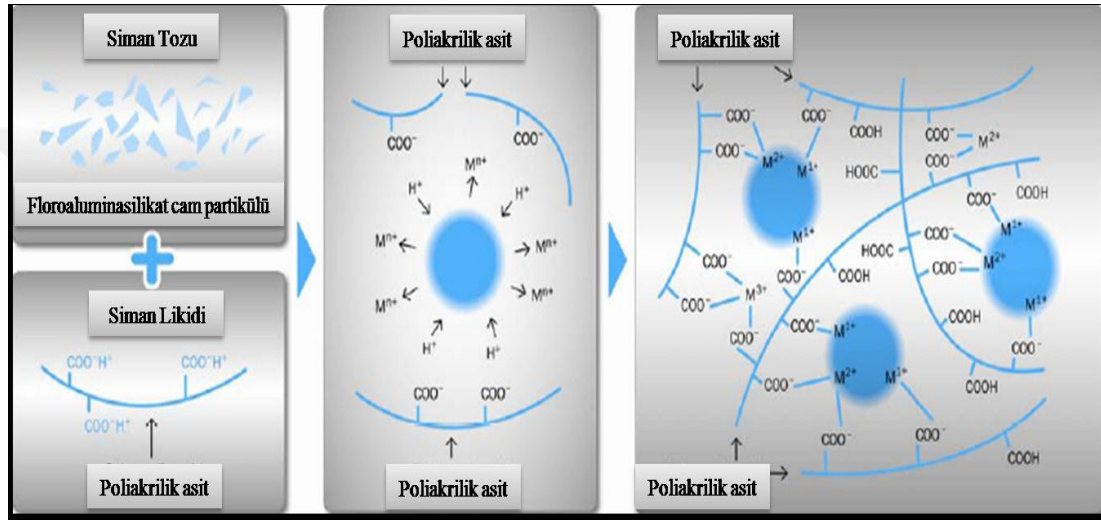
Sertleşmesini tamamlamamış cam iyonomer siman ekspoz pulpa üzerine direk temas edecek şekilde yerleştirildiğinde sahip olduğu asidite nedeniyle canlı doku üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Fakat cam iyonomer siman sertleşmesini tamamladığında canlı dokular üzerine herhangi bir olumsuz etkisi olmamaktadır (Kawahara ve ark., 1979).

Poliakrilik asit molekülleri hacim olarak fosforik asit moleküllerine göre daha büyük olduğundan dentin tübüllerinde daha az ilerler (Davidson ve Mjör, 1999).

Likite bulunan poliakrilik asitin konsantrasyonunun artması simanın dayanıklılığını arttırmaktadır (Wilson ve Kent, 1972). Likitin viskozitesinin artması dayanıklılığı arttırdığından düşük viskoziteli düşük moleküler ağırlıklı polimerlerin, büyük molekül ağırlıklı polimerlerden daha fazla konsantrasyonda katılması bir avantajdır (Swift, 1988a; 1988b).

2.3.3. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Sertleşme Mekanizması ve Adezyonu

Bu simanlar asit-baz reaksiyonuyla sertleşmektedir. Toz ve likit ideal koşullar altında karıştırıldığında poliasit, floroalüminosilikat cam partiküllerinin etrafına tutunup partiküllerde bulunan iyonların likitteki sulu faza geçmesini kolaylaştırır. Cam iyonomer simanların sertleşme mekanizması Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Geleneksel cam iyonomer simanların sertleşme mekanizması (Lohbauer, 2009)

Bu iyonik bileşikler, polimer zincirler arasında çapraz iyonik bağların kurulmasını sağlar. Sertleşmenin erken evrelerinde (ilk 10 dakika) Ca⁺² iyonunun yavaş salınımı görülür ve likitte bulunan sulu faza geçer. Sonra serbest yapıda bulunan karboksil grubu (COO⁻) ile birleşir ve çapraz bağlar ile tuz köprüleri oluşur. Bu olay sertleşmenin erken evresinden sorumludur. Al⁺³ metal iyonları ise daha yavaş oranda salınır ve sertleşmenin geç evresinden sorumludur. Bu evrede Al⁺³ metal iyonları materyalin mekanik özelliklerini önemli şekilde geliştirmektedir (Pegoraro ve ark., 2007).

Cam iyonomerler erken sertleşme reaksiyonu sırasında suya ve tükürüğe, geç sertleşme reaksiyonu sırasında ise dehidratasyona karşı çok duyarlıdır. Başlangıçta neme duyarlı olması restorasyonun fraktüre ve aşınmaya olan direncini olumsuz

etkiler (Kleverlaan ve ark., 2004). Erken evrede su ile temas olması durumunda geleneksel cam iyonomerlerin mekanik özellikleri olumsuz yönde etkilenmektedir. Yapılan çalışmalarda erken evrelerde su ile erken temas olduğunda; basma dayanımında düşüş, translusenside azalma, restorasyonun çözünürlüğünde artış, klinik performansta anlamlı düşüş ve materyalin dayanıklılığında azalma görüldüğü bildirilmiştir (Nicholson, 1998; Pegoraro ve ark., 2007).

Geleneksel cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonu 4 evreden oluşmaktadır.

1. Tozun çözünmesi: Toz-likitin karıştırılmasıyla cam partiküllerinin yüzeyi asitle etkileşime girer. Metalik iyonlar salınır ve partiküllerin yüzeyinde silika jel tabakası oluşur.

2. Katılma: Katyonların artan konsantrasyonlarıyla aköz solüsyonun pH değeri artar ve bu durum karboksilik asitin daha büyük iyonizasyonu ile sonuçlanır. Belli bir noktada jel yapısı zayıf iyonik çapraz bağlarla ve hidrojen bağlarıyla oluşur. İyonizasyonun artmasının sonucu olarak polimer zincirlerindeki karboksilat grupları yüklü hale gelir, birbirlerini geri iter ve muhtemelen daha doğrusal konfigürasyon gösterirler. Karboksilat grupları ile metalik katyonların arasındaki reaksiyon ilerledikçe simanın viskozitesi artmaktadır. Bu iyonların difüzyonu, simanın katılma evresinde etkilidir.

3. Sertleşme: Metalik katyonların salınımı sonucu polimer zincirlerindeki çapraz bağların oluşumu, simanın sertleşmesini sağlar. Materyalin son durumu çapraz bağlar içeren polituz matriks tarafından çevrelenmiş olup, reaksiyona girmeyen cam partiküllerinden oluşur.

4. Maturasyon: Reaksiyon devam ettikçe sertleşme ve bağlanma kuvvetleri artar. Restorasyonun dayanımının çoğu 24 saat geçtikten sonra oluşmasına rağmen bağlanma dayanımı ve young modülü değerleri katyonların asit ataklarına karşı difüzyonun gerçekleşmesinin sonucu olarak birkaç ay daha artmaya devam eder (Khoroushi ve ark., 2012).

Geleneksel cam iyonomer simanlarda sertleşme reaksiyonunun tamamlanmasından sonra neme olan hassasiyetlerini önlemek için ışıqla polimerize olan koruyucu rezin uygulaması, vernik veya kakao yağı kullanılması önerilmiştir

(Causton, 1981; Kovarik ve ark., 2005). Restorasyon yüzeyi yüzey örtücü ile örtüldüğünde jel matriksin ağız ortamından su emmesini önlediği ve böylece daha fazla çapraz bağların oluşumunu sağlamasına bağlı olarak basma dayanımının arttığı bildirilmektedir (Nicholson, 1998).

Yüzey örtücü olarak ışıkla polimerize olan koruyucu rezin uygulanmasının verniklere göre daha etkili bir koruma sağladığı bildirilmiştir (Earl ve ark., 1989). Işıklı polimerize olan koruyucu rezinlerin aşınmasını geciktirmek ve etkinliğini arttırmak için yapısına nano-doldurucular eklenmiştir. G-Coat Plus (GC, Tokyo, Japan); düşük viskoziteli, metil metakrilat içerikli, nano dolduruculu fotopolimerize olan rezin türüdür. Kimyasal olarak bağlanan cam iyonomerlerin yüzeyine ve özellikle Fuji IX GP Extra'ya (GC Co, Tokyo, Japan) uygulanır. G-Coat Plus; EQUIA Coat olarak da adlandırılır. Bu yüzey örtücü, restorasyonun erken evrelerinde su kontaminasyonuna karşı restorasyonu korur, aynı zamanda yüzeyde oluşan çatlak ve pörözite kapatar böylece restorasyonun aşınma direncini ve dayanıklılığını artırır.

Geleneksel cam iyonomerler karıştırıldıktan sonra asit - baz reaksiyonuyla 2 - 3 dakika içinde sertleşse de son dayanıklılıklarına karıştırılma işleminden 24 saat sonra ulaşırlar. Bunun sebebinin ise silika fazı, poliakrilat matriks oluşumu ve reaksiyona giremeyen cama bağlı olduğu düşünülür. Yapılan bir çalışmada zaman içinde artan dayanıklılıktan bu silika yapının sorumlu olduğu belirtilmiştir (Wasson ve Nicholson, 1993).

Sertleşme reaksiyonu ve iyon değişimi sayesinde matriksten salınan flor iyonu sertleşme reaksiyonunun oldukça önemli bir ürünüdür ve flor iyon salınımı uzun süre olmaktadır (Mitra ve Sakaguchi, 2012). Salınan flor diş dokusunda fluoroapatit kristalleri oluşturarak demineralizasyona dirençli bir diş yapısının oluşmasını sağlar (Diamanti ve ark., 2011).

Toz:likit oranının yüksek olması, simanın mekanik özelliklerini ve sertlik derecesini önemli ölçüde arttırmaktadır (Xie ve ark., 2000). Toz:likit oranının azalması cam iyonomerlerin matriksinde daha pörözlü yapının ortaya çıkmasına yol açar (Nomoto ve McCabe, 2001).

Geleneksel cam iyonomer simanların diş dokularıyla olan kimyasal adezyonu, simanda bulunan poliakrilik asit içerisindeki karboksilat gruplarının, diş dokusunda bulunan fosfat iyonlarıyla reaksiyonu sonucu oluşmaktadır (Wilson ve ark., 1983).

Adezyon birkaç safhada gerçekleşir. İlk olarak yeni hazırlanan siman hidrofilik yapıda olduğundan dolayı nemli diş yüzeyine yerleştirilmelidir. Daha sonra adezyon simanın serbest karboksil grupları ile diş yüzeyinde bağlı bulunan su ile oluşan hidrojen bağlarından dolayı hızlı bir şekilde gerçekleşir (Wilson, 1974). Oluşan bu hidrojen bağları diş dokusundaki katyonlar ve siman yapısındaki anyonik fonksiyonel gruplar arasında oluşan gerçek iyonik bağlarla yer değiştirir. Bu da diş ve siman arasında iyon değişiminin yavaş olmasına yol açar (Ngo ve ark., 2006). Siman yapısındaki poliasit (akrilik asitin) karboksilat grupları ve diş yüzeyi arasında güçlü bağlantılar oluşur fakat kolajen yapının bağlanmada hiçbir etkisi bulunmamaktadır (Beech, 1973).

Cam iyonomer simanları diş yüzeyine uygulamadan önce diş yüzeyine %37'lik poliasitin 10 – 20 s (saniye) uygulanması gereklidir (Powis ve ark., 1982). Böylece smear tabakası kaldırılıp dentin tübüllerinin açılması sağlanır ve diş yüzeyi kısmen demineralize edilir. Bu da yüzey alanının artmasına ve mikro - mekanik bağlanmanın gerçekleşmesini sağlar (Van Meerbeek ve ark., 2006).

Cam iyonomer simanlarda adezyon 2 şekilde gerçekleşir.

1. Mikromekanik bağlanma: Simanın içerdiği poliasit bileşeniyle sağlanır.
2. Gerçek kimyasal bağlanma: Diş yüzeyinde bulunan kalsiyum iyonları ve simanın poliasit moleküllerinde bulunan karboksilat grupları arasında gerçekleşen iyonik bağlarla gerçekleşir (Van Meerbeek ve ark., 2006).

Uzun dönemde siman ve diş arasında interfasiyal bölge oluşur ki bu bölge iyon değişiminin gerçekleştiği difüzyon alanıdır (Ngo ve ark., 1997).

2.3.4. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Endikasyonları

Geleneksel cam iyonomer simanların endikasyonları (Voorde ve ark., 1988; Brown, 1989):

1. Süt dişlerinin restorasyonunda,

2. pit ve fissür örtücü olarak,
3. geçici restoratif materyal olarak,
4. ortodontik bant ve braketlerin yapıştırılmasında,
5. kron, inley ve onleylerin simantasyonunda,
6. bütün kavite tiplerinde kaide simanı olarak,
7. sandviç tekniğinde,
8. kök yüzey çürüklerinde,
9. daimi dişlerde sınıf III ve V kaviteilerin restorasyonunda,
10. kor yapımında,
11. kavite preparasyonuna gerek kalmadan erozyon ve abrazyon lezyonların restorasyonunda,
12. proksimal, bukkal, lingual ve okluzal bölgeyi içeren minimal invaziv defektlerde,
13. çürüğü kontrol altına almak için geçici restorasyon amacı ile,
14. onley ve kron preparasyonlarında andırkat alanlarının doldurulmasında,
15. eksternal kök rezorbsiyonlarının tedavisinde,
16. endodontik kök perforasyonlarının tamirinde,
17. travma geçiren hastalarda kırık diş kalıcı restorasyon yapılamıyorsa, cam iyonomer simanlar dentin tübüllerini kapatmak için geçici restorasyon materyali olarak da kullanılabilirler.

2.3.5. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Avantajları

Geleneksel cam iyonomer simanların en büyük avantajları flor salabilme özellikleridir. Restorasyonun tamamlanmasının ardından flor salınımı ilk hafta en yüksek seviyededir. Flor salınımı, 2 - 3 hafta içinde azalmasına rağmen 18 aya kadar devam ettiği bildirilmektedir (Croll, 1992). Bu salınım cam iyonomer simanın kütleli bütünlüğünü etkilemez. Flor, dentin dokusunun 35 - 50 µm derinliğine kadar ilerler ve çürük önleyici etkisini bakteri difüzyonu ve demineralizasyonuna karşı yapay bir dentin bariyeri oluşturarak gerçekleştirir (Croll, 1990; 1992; Welbury ve ark., 2000).

Cam iyonomer simanlar, mine ve dentin dokusuna iyi bir adezyon göstermektedir ve pulpa dokusuna diğer restoratif materyallere göre daha az toksiktir. Restorasyon sertleşirken gerçekleşen düşük pH, antibakteriyel aktivitesinden sorumludur (O'Brien ve ark., 2010). Bu simanlar biyoaktif ve terapötik olarak kabul edilir (Delme ve ark., 2006). Kaviteye yerleştirilmeden önce herhangi bir bonding ajanın kullanılmasına gerek yoktur (Choi ve ark., 2008). Sertleşmesi tamamlandıktan sonra ağız sıvılarında hemen hemen hiç çözünme görülmemektedir (Croll, 1990).

Cam iyonomer simanlar demineralizasyonu azaltıp, remineralizasyonu artırarak çürük ataklarına karşı etkili bir koruma sağlar (Inoue ve ark., 2001). Bu nedenle cam iyonomer simanların, restorasyona komşu mine dokusunda çürüğün önlenmesi veya demineralize alanların remineralize olmasını sağladıkları için özellikle çürük sayısı fazla olan yüksek çürük risk grubundaki bireylerde kullanımı önerilmektedir (Serra ve Cury, 1992).

Kompozit rezin ve kompomerlerin inkremental teknik ile kaviteye uygulama gereklilikleri ve nem kontaminasyonuna karşı duyarlılıkları kullanımlarını kısıtlamaktadır. Bu nedenle, kooperasyon problemi yaşanan çocuklarda, cam iyonomer simanlar uygulanması daha kolay olduğundan sıklıkla tercih edilen restoratif materyaller olarak kabul görmüşlerdir (Osborne ve ark., 2002; Tran ve Messer, 2003).

Cam iyonomer simanların film kalınlıklarının az olması, asit ataklarına karşı dirençli olmaları, gerilme kuvvetlerinin yüksek olması, ağız ısısında sahip olduğu uzun çalışma süreleriyle uygulamayı kolaylaştırması, estetik olması ve viskozitelerinin düşük olması gibi avantajları da bulunmaktadır (McLean ve Wilson, 1977; Plant ve ark., 1984; Swift, 1988b).

2.3.6. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Dezavantajları

Geleneksel cam iyonomer simanların en önemli dezavantajlarından birisi, amalgam ve kompozitlere göre düşük fraktür direnci ve yüksek oranda görülen aşınmadır. Bu simanlara metal partiküllerinin eklenmesi daha güçlü materyallerle sonuçlanmamıştır (Naasan ve Watson, 1998). Sınıf II restorasyonlarda geleneksel cam iyonomer simanlar, hem süt dişinde hem de daimi dişlerde tercih edilmez (Naasan ve Watson, 1998; Qvist ve ark., 2004).

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar ve rezin modifiye cam iyonomer simanlar nem duyarlılığının azalmış olması ve aşınma direncinin artmış olmasından dolayı geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha geniş kullanım alanı bulmuşlardır (Hse ve ark., 1999).

Hickel ve Manhart (2001), cam iyonomer simanların posterior dişlerde senelik başarısızlık oranlarını %1,4-14 arasında bulmuşlar ve başarısızlığın en temel sebebi olarak kütle şeklinde görülen bulk fraktürlerini bildirmişlerdir Mjor ve ark. (2000) ise en büyük başarısızlık nedeninin sekonder çürük olduğunu, bunu ise bulk fraktürleri ve marjinal fraktürün izlediğini bildirmişlerdir.

Cam iyonomer simanlarda genellikle koheziv başarısızlık görülür ki bu diş - siman arasındaki bağlantı yüzeyinden ziyade simanın içerisinde oluşur (Sidhu ve Nicholson, 2016).

Cam iyonomer restorasyonu takiben yapılan parlatma, kompozitler kadar iyi değildir. Cam iyonomer simanlar kompozit rezinlerden daha opaktır ve kompozitler kadar estetik değildir (Croll, 1990).

Materyalin tam sertleşmesi uzun sürdüğünden bu süre boyunca cam iyonomer simanlar nem kontaminasyonuna oldukça hassastır ve ağız sıvılarında çözünme görülebilir (van Duinen ve ark., 2005).

Cam iyonomer simanlarda oral mikroorganizmaların penetre olabileceği diş-restorasyon arasında mikrosızıntının oluşacağı bir aralık gelişir (Bauer ve Henson, 1984). Restorasyonun etrafındaki mikrosızıntının azaltılması veya ortadan kaldırılması önemli bir konudur (Reis Lda ve ark., 2004).

2.3.7. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Toz ve Likitine Yapılan İlaveler

Restoratif materyallerdeki gelişmeler sonucu daha estetik ve daha dayanıklı materyaller üretilmesine rağmen, cam iyonomer simanlardaki dayanıklılık hala büyük bir problem oluşturmuştur (Moshaverinia ve ark., 2008).

Cam iyonomer simanların fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirmek için siman tozuna amalgam, hidroksiapatit, metal, fiber eklenmesi, toz:likit oranının değiştirilmesi, poliakrilik asitin modifiye edilmesi, rezin esaslı cam iyonomer simanların üretilmesi gibi modifikasyonlar yapılmıştır (Kawano ve ark., 2001; Moshaverinia ve ark., 2008).

Poliakrilik asitin konsantrasyonu ve molekül ağırlığı, simanın dayanıklılığını büyük ölçüde değiştirmektedir. Bu iki faktördeki artış, simanın sertleşme süresini kısaltır ve dayanıklılığını artırır (Zaimoğlu ve ark., 1993). Fakat poliakrilik asit likitte bulunursa, konsantrasyon veya molekül ağırlığındaki artış likitin viskozitesini artırır ve simanın karıştırılmasının ardından uygulanmasını zorlaştırır. Bu sorun poliakrilik asitin dehidrate formlarının siman tozunun içine eklenmesiyle ortadan kaldırılmıştır (Zaimoğlu ve ark., 1993; Smith, 1998). Bu simanların likiti saf su veya sulandırılmış tartarik asit içermektedir.

Süt dişlerinde yapılan amalgam dolguların ağızda kalma süresi, cam iyonomer siman ve diğer restoratif materyallere göre daha yüksektir (Mjor ve ark., 2002). Bu düşünceyle, cam iyonomer simanlara amalgam eklenerek fiziksel özellikleri artırılmaya çalışılmıştır. Böylece geleneksel cam iyonomer simanların abrazyona olan dirençleri önemli oranda artmış olsa da dentine olan adezyonları azalmıştır (Mounth, 1990).

Cam iyonomer simanların mekanik özelliklerini geliştirmek amacıyla yapısına metal partiküller de eklenmiştir. Siman tozu ile gümüş (Ag) ve kalay (Sn) tozlarının beraber sinterize edilmesiyle oluşan sermet simanlar, 1980'li yılların başında McLean J.W. tarafından geliştirilmiştir. Bu simanların geleneksel cam iyonomer simanlara göre mekanik özellikleri daha iyi olmakla birlikte, aşınmaları daha azdır. Fakat amalgama göre mekanik özelliklerinin daha düşük olması ve Ag-Sn partiküllerinin siman matriksine bağlanmasındaki yetersizlik sebebiyle istenen başarı elde edilmemiştir. Ayrıca bu simanlar geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha düşük

miktarda flor salınımı ve metalik görünümleri nedeniyle pek tercih edilmemişlerdir (Dayangaç, 2000; Wilson ve ark., 2001).

1980'li yıllarda cam iyonomer simanlara rezin içeren monomerlerin eklenmesiyle rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS) üretilmiştir. Cam iyonomer simanlara ağırlıkça %4,5 oranında di-hidroksietilmetakrilat ve foto inisiyatörlerin eklenmesiyle asit-baz reaksiyonuna ek olarak materyalin ışıkla polimerizasyonu da sağlanmıştır (McLean ve ark., 1994).

Yeni bir cam iyonomer türü olan Zirkonomer (Shofu Inc.,Japan), amalgamın dayanıklılığı ve sağlamlığına benzer şekilde posterior restoratif materyali olarak geliştirilmiştir. Zirkonyum oksit, cam partikülleri, tartarik asit (%1 - 10), poliakrilik asit (%20 - 50) ve onun likiti olarak deiyonize sudan oluşmaktadır. Zirkonyum oksit, Zirkonomer materyalinde %96,5 - 98,5 arasında en çok bulunan bileşenidir. Zirkonya doldurucular içeren bu restoratif materyal, restorasyonun yapısal bütünlüğünü güçlendirir ve yoğun okluzal kuvvetlerin geldiği posterior bölgede üstün mekanik özellikler sağlamaktadır (Volpato ve ark., 2011).

Cam iyonomer simanlara kısa fiberlerin eklenmesi üstün mekanik özellikler elde etmek için ümit verici bir yaklaşımdır. Kısa fiber eklenerek üretilen cam iyonomer simanlarda bükülme dayanıklılığında eklenmeyen cam iyonomer simanlara göre 4,5 kat daha büyük değerler elde edilmiştir (Kobayashi ve ark., 2000). Ancak fiber eklenmesinin esas avantajı, fraktür direncini arttırmasıdır. Reaktif cam fiberler eklenince fraktür direncinde %140 artış olmaktadır (Lohbauer ve ark., 2004).

Hidroksiapatit bileşikleri ilave edilen cam iyonomer simanların biyolojik uyumlulukları ve fiziksel özellikleri artmıştır. Cam iyonomer simanların yüzeyinde oluşan hidroksiapatit bileşikleri, komşu dokularda gerçekleşen biyoaktif reaksiyonu kolaylaştırır (Gu ve ark., 2005).

Cam iyonomer simanın poliasit yapısındaki karboksilat grupları ile hidroksiapatit yapısı etkileşime girmektedir. Bu yüzden hidroksiapatit ile reaksiyona giren cam iyonomer simanların biyoaktivitesinin yanında, mekanik özellikleri de artmıştır (Gu ve ark., 2005; Moshaverinia ve ark., 2008).

Cam iyonomer simanların yapısına biyoaktif özelliğini geliştirmek ve dişin rejenerasyon kapasitesini arttırmak için biyoaktif camlar da eklenmiştir (Xie ve ark., 2000; Ana ve ark., 2003). Biyoaktif camlar değişen yüzdelerde silikon, kalsiyum, sodyum ve fosfor oksit bileşikleri içerir. Bu bileşiklerin oranları %24,5 sodyum oksit (Na_2O), %45 silikon dioksit (SiO_2), %6 fosfor pentaoksit (P_2O_5) ve %24,5 kalsiyum oksit (CaO) olarak değişmektedir. Bu restoratif simanların dezavantajları, elastisite modülü ve Vickers sertlik değerleri normal fizyolojik değerlerin altında bulunmuştur (Yli-Urpo ve ark., 2005).

2.4. Geleneksel Cam İyonomer Simanlara Isı Uygulanması

Cam iyonomer simanlar sertleşmenin ilk evrelerinde suya maruz kalırsa restorasyon yüzeyinde yumuşama ve çatlak oluşumu görülür ve daha sonra aşınma ve fraktür dirençleri düşer (van Duinen, 2011). Bu olumsuz etkilere bir çözüm olarak sertleşme reaksiyonunun erken evresinin süresinin kısaltılması düşünülmüştür. Fakat çalışmalar daha üstün mekanik ve fiziksel düzeyleri içeren değerlerle sonuçlanmamıştır (Yap ve ark., 2003). Bir diğer çözüm yöntemi olarak ise erken sertleşme süresinde ısı uygulaması düşünülmüştür.

Isı uygulamasıyla sıkışma dayanımı artmakta (Kleverlaan ve ark., 2004; Algera ve ark., 2006), mikrosızıntı azalmakta ve mine dokusunda artmış marjinal adaptasyon görülmektedir (Gorseta ve ark., 2012). Isı uygulamasının bu olumlu özelliklere neden olduğu mekanizmalar hala tam olarak bilinmemektedir. Fakat moleküler kinetik enerjide görülen bu değişiklikler, materyalde bulunan moleküllerin yeniden düzenlenmesini sağlar. Böylece diş dokusuna adezyon kolaylaşır ve daha stabil iyon değişim tabakası elde edilir (Gorseta ve ark., 2012).

Isı uygulanmasıyla cam iyonomer simanların yapısındaki su kaybıyla meydana gelen kontraksiyon, termal genişlemeyle kompanse edilir. Böylece simanın orijinal boyutları korunmuş olur. Bu özellik cam iyonomer simanlara karakteristiktir (Sidhu ve ark., 2004).

Hızlandırıcı olarak eksternal ışık kaynaklarının kullanımıyla cam iyonomer simanların sertleşme süreleri kısılır ve fiziksel özellikleri gelişir (Yoshioka ve ark., 2016). Cam iyonomer simanların erken sertleşme reaksiyonları sırasında halojen ışık kaynaklarının kullanılmasıyla yüzey sertliğinde artış olur (Woolford, 1994). Ayrıca

sıkışma dayanımında artış (Kleverlaan ve ark., 2004), materyalin sertleşme süresinde azalma olur (Menne-Happ ve Ilie, 2014).

Cam iyonomerlerin neme hassas olan erken sertleşme evresi, ultrasonik uyarı (Towler ve ark., 2001) veya ısı uygulanması (Kleverlaan ve ark., 2004; Algera ve ark., 2005) gibi eksternal enerji kaynaklarıyla kısalır ve simanın mekanik özellikleri artar. Cam iyonomer simanların yapılmasının ardından 1 ay sonra ölçülen sertlik değerleri, ilk 24 saat sonra kaydedilen değerden daha yüksektir (Yap ve ark., 2002). Kapsülü karıştırmadan önce ısıtma işlemi (45 °C’de, 40 s), halojen, infrared ışık kaynakları veya ultrasonik kaynakları gibi eksternal enerji kaynaklarının kullanılması, yüzey sertlik değerini önemli derecede arttırmaktadır (Woolford, 1994; O'Brien ve ark., 2010).

Sonuç olarak eksternal olarak ısı uygulanması, cam iyonomer simanların mekanik ve fiziksel özelliklerine olumlu yönde katkıda bulunur.

2.5. Isı Kaynakları

Cam iyonomer simanlara ısı uygulanması amacıyla; yüksek enerjili LED ışık kaynakları, halojen lambalar veya ultrasonik kaynaklar kullanılmaktadır (Vandewalle ve ark., 2005; Fagundes ve ark., 2006). Isı, yüksek yoğunluklu fotopolimerizasyon sağlayan LED ışık kaynağı ile üretilebilir (Dogan ve ark., 2009). Bununla birlikte, tüm LED ışık kaynakları yeterli ısı vermez. Isı veren LED ışık kaynakları, bir dakikadan kısa süre içerisinde 60 °C’ye ulaşabilir (GCP Dental, 2014).

2.5.1. Halojen Işık Cihazları

1970’li yılların başında kullanılmaya başlanmıştır. Bu cihazlarda ışık kaynağı amacıyla ‘halojen tungsten ampul’ kullanılmaktadır (Thind ve ark., 2006). Fiber optik veya polimer esaslı bir tüp ile oluşan ışık demeti restorasyona iletilmektedir. Dalga boyu 400 - 500 nm olup görünür mavi ışık kamforokinonu aktive etmektedir (Davidson-Kaban ve ark., 1997).

Halojen ışık cihazlarında etkili olabilecek en düşük yoğunlukta ışık seviyesi 300 mW/cm² olup genellikle uygulama süreleri 40 saniyedir. Halojen ampullerin etkinlik sürelerinin kısıtlı olması ve cihazda yüksek seviyede ısı oluşması durumunda ışık

gücünün ve çalışma zamanının kısılması dezavantajları arasındadır (Leinfelder, 1999).

2.5.2. LED (Light Emitting Diodes) Işık Kaynakları

Halojen ışık cihazlarının bazı olumsuz özelliklerini gidermek amacıyla geliştirilmiştir (Soh ve ark., 2004). Yaklaşık olarak ışık gücü 1000 mW/cm² civarındadır. Farklı ekspoz süreleri ile uygulanabilir. Ömürleri 10000 saatin üstündedir. Darbe ve vibrasyona karşı oldukça dayanıklıdır. Halojen ışık cihazlarından daha fazla polimerizasyon derinliği sağlamaktadır (Mills ve ark., 1999; Thind ve ark., 2006).

450 - 500 nm dalga boyunda ışık enerjisi üretir ve bu da polimerizasyon için yeterlidir (Mills, 1995).

LED ışık kaynakların küçük ve taşınabilir olması kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Işık üretimi sırasında ısı açığa çıkarmazlar ve böylece uygulandıkları dişlerde ısı oluşumuna yol açmazlar. Halojen lambalarda olduğu gibi filtre gereksinimleri yoktur (Soh ve ark., 2004). Knezevic ve ark. (2001), LED ve halojen lambaların ısı farklılıklarını karşıladıkları çalışmalarında halojen ışık kaynaklarının LED ışık kaynaklarına göre iki kat fazla miktarda ısı oluşumuna yol açtığını bildirmişlerdir.

2.5.3. Ultrasonik Cihazlar

Ultrasonik cihazlar ilk zamanlarda cam iyonmer simanlarda hava kabarcıklarının azaltılması için kullanılırdı (Arcoria ve ark., 1992). Bu cihazların kullanımıyla cam iyonmer simanların sertleşme reaksiyonları hızlanır ve mekanik özellikleri artar (Kleverlaan ve ark., 2004).

Yüksek seviyelerde frekans ile ultrasonik vibrasyon yapan bu cihazlar işlem esnasında yüksek miktarda ısı oluşumuna yol açmaktadır. Ucu elmasla kaplı abrazyon kullanılarak keskin ve net bir kesim yapılmaktadır. Bu cihazlar genellikle inley ve mikropreparasyon yapılmasında uygulanmaktadır (Banerjee ve ark., 2000).

2.6. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar (Hibrit İyonomer Simanlar)

Diş hekimliğinde rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS) ilk kez 1991 yılında tanıtılmıştır (Mitra, 1991). Geleneksel cam iyonomer simanların olumsuz özelliklerini gidermek için üretilmişlerdir. Bu simanlar, esas olarak %80 cam iyonomer siman ve %20 rezin yapıdan oluşmaktadır. Cam iyonomer simanlar gibi temel olarak cam partikülleri, su ve poliasit içermekle birlikte ilave olarak bir monomer bileşeni ve reaksiyonu başlatan bir madde eklenmiştir. Monomer genellikle 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA)'dan oluşmaktadır ve reaksiyon başlatıcı madde olarak ise kamforokinon kullanılmaktadır (Mitra, 1991).

RMCİS'lerde; geleneksel cam iyonomer simanlardaki gibi cam partikülleri aynı yapıdadır. Asidik polimer de aynı olmakla birlikte bazı materyallerde doymamış vinil gruplarıyla sonlanan yan zincir modifiye edilmiştir. Bu yapılar polimer zincirleri arasında çapraz bağların ve polimerizasyon reaksiyonunun oluşmasını sağlar. Bu yüzden bu iki restoratif materyal, zincirlerle fiziksel özelliklerinin benzerlikleri ve farklılıkları yönünden karşılaştırılır (Berzins ve ark., 2010). RMCİS'lerde de cam iyonomer simanlardaki gibi restorasyonun yapılmasından sonra flor erken salınım fazı ve ardından difüzyon yoluyla devamlı salınan faz bulunmaktadır (De Witte ve ark., 2000). Nötral koşullarda geleneksel cam iyonomer simanlarda olduğu gibi RMCİS'lerde de küçük miktarda sodyum, alüminyum, fosfat ve silikat salınmaktadır (Forss, 1993). Asidik koşullar altında daha büyük miktarlarda kalsiyum ve stronsiyumun salındığı bildirilmektedir (Forss, 1993). Asidik koşullarda iyon salınımının fazla olması, 'buffering effect' denen tamponlama etkisiyle ilişkili olup ortam pH'sı arttıkça geri alınan iyon da zamanla artmaktadır (Czarnecka ve Nicholson, 2006).

Restorasyona 20 s veya daha fazla süre ışın kaynağıyla polimerizasyon yapıldığında, iki reaksiyon eş zamanlı olarak başlar. Polialkenoik asit, cam partiküllerinin yüzeyine saldırır ve kalsiyum ve alüminyum salarak matris oluşumunu sağlar, bu durum asit - baz reaksiyonuyla oluşur ve 7 - 10 dakika içinde kısmen sertleşme görülür, fakat su dengesi bu zaman zarfında stabil değildir. Jelasyon göreceli olarak yavaştır ve reaksiyon haftalarca hatta aylarca sürer. RMCİS'lerde asit-baz reaksiyonu geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha yavaş olur. Çünkü

içerdikleri HEMA, hidrofilik yapıda olup asit - baz reaksiyonu için gerekli bileşen olan suyun geri alınımına yol açar (Sidhu ve Watson, 1998).

RMCİS'lerin yapısına rezin ilave edilmesi, restorasyonun hızlı sertleşmesine ve erken nem kontaminasyonuna karşı daha dirençli olmasını sağlar. Bu durum geleneksel cam iyonomer simanlarla kıyaslayınca çekme kuvvetlerine karşı direnci, basma dayanımını ve elastisite modülünü arttırmaktadır (Wilson, 1990).

RMCİS'ler; cam iyonomer simanlar ve kompozit rezinler arasında yer alan hibrit materyaller olup diş dokularında bulunan hidroksiapatit kristallerine içerdiği poliakrilik asitle iyonik bağ yaparak ve monomerik bileşenin kısmen demineralize dentin yüzeyine mikromekanik kilitlenmesiyle oluşmaktadır (Abdalla, 2000). Diş dokusuna iki farklı şekilde gerçekleşen bağlanma, RMCİS'lerde daha büyük bağlanma değerlerinin oluşmasını sağlar ve bu bağlanmanın önemli bir kısmını kimyasal bağlanma oluşturmaktadır (Coutinho ve ark., 2007). Simanın karıştırılmasının ardından asit-baz reaksiyonuyla yavaş bir şekilde başlayan sertleşme reaksiyonu, görünür ışık kaynağıyla polimerize olup tamamlanmış gibi gözükse de 24 saat, hatta 1 haftaya kadar sürmektedir (Bourke ve ark., 1992).

Restoratif tedavinin yapılmasından 24 saat sonra RMCİS'ler geleneksel cam iyonomer simanlara göre yaklaşık %3 oranında daha fazla büzülme göstermektedir (Attin ve ark., 1995). Adezyon, RMCİS'lerde iyon değişimi mekanizmasıyla gerçekleştiğinden, bu restoratif materyallerin dentin bağlayıcı ajanlarla birlikte kullanılması önerilmemektedir (Mount, 1999).

RMCİS'ler, toz - likit formunda bulunabildiği gibi kapsül formunda da bulunabilir. Materyalin manipülasyonu kaviteye yerleştirilirken el aletlerine yapışması nedeniyle zor olup, şırınga şeklinde hazırlanan preparatlar klinik uygulamalarda kolaylık sağlar (Christensen, 1997; Berg, 1998).

Kompozit rezinlere göre direk olarak bağlanabilmesi önemli bir avantajdır (Wilson, 1990). RMCİS uygulanmadan önce, dentindeki debrisi uzaklaştırıp dentin tübüllerini açtığından dolayı, dentinin 10 s boyunca %10'luk poliakrilik asit ile muamele edilmesi önerilmektedir (Mount, 1991). Ayrıca minenin asitlenmesi RMCİS'lerin bağlanmasını arttırmaktadır (Cortes ve ark., 1993).

RMCİS'lerde geleneksel cam iyonomer simanlar gibi benzer klinik uygulama yapılmaktadır (Sidhu, 2010). Geleneksel cam iyonomer simanlara göre dentine gelişmiş adezyon, diş - restorasyon ara yüzünde azalmış mikrosızıntı ve daha iyi bir adaptasyon görülmektedir (Sidhu, 1994).

Bazı çalışmalarda RMCİS'lerin flor salınımı ve geri alınımının, geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha fazla veya aynı olduğu bulunmuştur (Forss, 1993; Forsten, 1995).

RMCİS'lerin çoğunda geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha fazla oranda polimerizasyon büzülmesi görülmektedir (Attin ve ark., 1995). Bu yüzden RMCİS'lerin ışık kaynağının tam polimerizasyon derinliğine ulaşabilmesi için inkremental teknikle kaviteye uygulanması gerekir (Sidhu ve Watson, 1995). Çoğu firma restorasyonun aynı seansta polisaj yapılabileceğini önerse de sertleşme reaksiyonu yavaş bir şekilde devam ettiğinden en iyi sonuçlar en az 24 saat sonra alınmaktadır (Hse ve ark., 1999).

RMCİS'lerin kullanım alanları (Smales ve Wong, 1999):

1. Süt dişlerinde sınıf I, II ve III kavitelerin restorasyonlarda,
2. süt ve daimi dişlerde sınıf V restorasyonlarda,
3. kaide simanı olarak,
4. fissür örtücü olarak,
5. ortodontik braketlerin yapıştırılmasında kullanılmaktadır.

RMCİS'in tüm ürünlerinin fleksural/tensile gücü ve dayanıklılığı geleneksel cam iyonomer simanlardan daha fazladır (Li ve ark., 1995).

RMCİS'lerin yapısına son derece biyoyumlu, osteokondüktif ve osteoindüktif etkili kalsiyum silikat bazlı biyomateryal olan biyoaktif camlar eklenebilir (Yuan ve ark., 2001). Biyoaktif camların eklenmesi, RMCİS'lerin kök yüzeyi dolguları ve kemik rejenerasyonu için gerekli odontojenik ve osteojenik özelliklerini geliştirir. Ayrıca fiziksel ve mekanik özelliklerini de arttırmaktadır (Valanezhad ve ark., 2016).

RMCİS'lerde, özellikle ilk 24 saat içerisinde değişen miktarlarda HEMA salınımı görüldüğü için cam iyonomer simanlar kadar biyoyumlu değildir. Salınan HEMA miktarı, uygulanan ışık kaynağının şiddetine bağlıdır (Palmer ve ark., 1999). HEMA,

dentine difüze olabilmektedir (Hamid ve Hume, 1997) ve bu yüzden pulpa hücrelerine sitotoksik etki göstermektedir (Kan ve ark., 1997). RMCİS'lerden salınan HEMA ayrıca klinikte çalışan personelde kontakt alerjen etkisi gösterebilir. Aynı zamanda uçucu bir yapıya sahiptir ve bu da havayla solunmasına yol açar (Kanerva ve ark., 1995). Bu materyallerin güvenli kullanılabilmesi için klinisyenler, çalışma ortamlarının iyi havalandırılmasını ve buharlaşan HEMA'yı solumaktan kaçınılması gerektiğini tavsiye etmektedirler (Nicholson ve Czarnecka, 2008).

2.7. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar

Geleneksel cam iyonomer simanların aşınma direncini ve sertliğini arttırmak, erken dönemde neme karşı oluşan hassasiyetini azaltmak, yoğun çiğneme kuvvetlerinin geldiği alanlarda daha iyi bir direnç göstermesini sağlayabilmek için simanın partikül boyutları ve toz:likit oranında modifikasyonlar yapılarak yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar geliştirilmiştir (Friedl ve ark., 2011).

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar, aynı zamanda kondanse edilebilir cam iyonomer simanlar olarak da adlandırılmaktadır. Bu simanlar geleneksel cam iyonomer simanla ile kıyaslanınca daha yüksek oranda yüzey sertliği ve aşınma direnci sergiledikleri görülmektedir. Sertleşme reaksiyonu hızlı tamamlandığından cam iyonomer simanlardan farklı olarak erken dönemde suyla temasın bu materyalin fiziksel özelliklerinde herhangi bir olumsuz etkisi bulunmamaktadır (Wang ve ark., 2006).

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar hızlı sertleşmeleri, biyouyumlu olmaları, flor salınımı, geri flor iyonuyla yüklenebilmeleri ve diş yapısına kimyasal adezyon göstermelerinden dolayı travmatik restoratif tedavide (ART) ve uyumsuz çocuklarda tercih edilmektedir (Frencken ve ark., 1996).

Bu simanlar, geleneksel cam iyonomer simanlara benzer şekilde flor salınımı yapabilmektedir. Mine ve dentine bağlanmaları ve estetik özellikleri başarılıdır. Geleneksel cam iyonomer simanlara göre aşınmaya karşı daha dirençli olmakla birlikte, abrazyona ve gerilme kuvvetlerine karşı daha fazla direnç gösterirler (Burke ve ark., 2002). Bu simanlar amalgam ve kompozite alternatif olarak daimi dişlerde de kullanılmaktadır. Geleneksel cam iyonomer simanlarda toz:likit oranı 3:1 veya 4:1'dir. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlarda ise bu oran 6:1 veya 7:1'dir ve bu da

mekanik özelliklerinin daha yüksek olmasını açıklamaktadır. Bu simanlar geleneksel cam iyonomer simanlara benzer şekilde asit - baz reaksiyonuyla sertleşmektedir (Crowley ve ark., 2006).

Yüksek viskozitelerinden dolayı kaviteye, amalgama benzer şekilde rahatlıkla kondanse edilebilirler. Toz kısımları içindeki partikül büyüklüklerinin dağılımı ve poliasit (akrilik asit) eklenmesi bu materyallerin daha visköz yapıda olmalarını sağlar (Burke ve ark., 2002).

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların avantajları (Anusavice, 1999; Annusavice, 2003):

1. Adezyon özelliklerinin gelişmiş olması,
2. hızlı sertleşme göstermeleri, özellikle kooperasyonu zayıf olan çocuklarda kullanım kolaylığı sağlaması,
3. flor salınımı,
4. bulk-fill tekniğiyle kaviteye yerleştirilebilmesi,
5. yüksek abrazyon direnci,
6. çekme gerilme ve fleksural direnç değerlerinin yüksek olması,
7. artmış yüzey sertliği,
8. biyouyumlu olmaları,
9. tek seansta polisaj yapıp bitirilebilmeleri,
10. kuru ve nemli ortamlara karşı duyarlı olmamalarıdır.

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların dezavantajları (Annusavice, 2003):

1. Kısa çalışma zamanı,
2. dehidratasyon fazla olursa mikroçatlaklar oluşabilmesi,
3. ara yüz bölgesini içeren yoğun okluzal kuvvetlerin bulunduğu bölgede fraktür riskinin bulunmasıdır.

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların kullanım alanları (Frencken ve ark., 2004; Chen ve ark., 2010; Frencken ve Wolke, 2010):

1. Sınıf I, II, III ve V kaviteilerin restorasyonlarında,
2. fissür örtücü olarak,
3. tek yüzey içeren ART restorasyonlarıdır.

2.8. Cam Karbomerler

GCP Dental firması tarafından Hollanda'da üretilen bu restoratif materyal için literatürde bir cam iyonomer siman olmasına rağmen, cam karbomer ismi kabul görmüştür (Pameijer, 2012; Zainuddin ve ark., 2012). Cam karbomerler de RMCİS'ler gibi geleneksel cam iyonomerlerden modifiye edilerek üretilmiştir. Bu restoratif materyaller, biyomimetik çalışmalar sonucu elde edilmiş olup cam iyonomer simanın olumsuz özelliklerini ortadan kaldırmak için geliştirilmişlerdir (Cehreli ve ark., 2013).

Cam karbomerlerde, cam iyonomer simanlara göre daha yüksek oranda silika ve florin ve daha düşük oranda alkali oksit ve fosfor bulunmaktadır (Zainuddin ve ark., 2012). Geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha fazla silikon yapı içerip aynı zamanda cam iyonomer simanlarla kıyaslanabilir düzeyde alüminyum, fosfor ve flor bulunmaktadır. Materyal karıştırılır karıştırılmaz yavaş başlayan sertleşme reaksiyonu, ışık kaynağının uygulanmasıyla hızlandırılır. Bunun amacı fotopolimerizasyona katkı sağlamak değil, kullanılan ışık kaynaklarının ısı vermesidir. Simanın artan ısı ile sertleşmesi gerçekleşir.

Cam karbomerler, cam iyonomer bileşiminde bulunan maddeleri içermese de aköz polimerik asit ve temel cam partikülleri arasında gerçekleşen asit - baz reaksiyonuyla sertleşmektedir (Cehreli ve ark., 2013).

Cam karbomer simanlar, ağızda remineralizasyon ortamı sağlamak için tasarlanmış materyallerdir. Monomer yapısı içermezler. Kalsiyum fluoroapatit nanokristalleri içerirler. Bu da remineralizasyon süreci için temel yapı sağlar ve fluoroapatit formasyonunu başlatır. Geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha iyi bir partikül yapısına sahip olduğu bildirilmiştir (Stamboulis ve ark., 2004).

Cam karbomer simanlar, geleneksel cam iyonomer simanlar ile kıyaslanınca yüksek oranlarda artmış cam partikülleri ve hidroksiapatit doldurucu içerir. Bu yüzden sertleşen cam karbomer kırılğan yapıya sahip olabilir. Bu problemin üstesinden gelebilmek için yapısına silikon yağı eklenmiştir.

Sertleşme reaksiyonu iki eş zamanlı reaksiyondan oluşmaktadır. Biri cam partiküllerinin poliasit yapıyla, diğeri ise hidroksiapatit yapının poliasit ile etkileşimi ile gerçekleşir. İkisi de asit - baz reaksiyonu ile çapraz bağların oluşumunu sağlayan

poliasit matriksten kaynaklanır. Oluşan matriks yapısı geleneksel cam iyonomer simanda oluşan yapıyla benzer olup, farklı olarak cam karbomerlerde polidimethylsiloksan yağı bulunur (Van Den Bosch ve Van Duinen, 2004).

Bu restoratif simanların uygulanmasından önce kavitenin asitlenmesine gerek yoktur. Kavite etilendiamin tetraasetik asit (EDTA) solüsyonu veya %1,5'lik sodyum hipoklorit solüsyonuyla temizlenebilir. Daha sonra suyla yıkayıp kurutulur, fakat tebeşerimsi görünüm oluşacak kadar kurutmaktan kaçınılmalıdır. Kavite restorasyon uygulanmasından önce hafif nemli olmalıdır. Dentin bağlayıcı ajan kullanmaya gerek yoktur. GCP restorasyonlar tek tabaka (bulk-fill) tekniğiyle kaviteye yerleştirilir. Tabaka tabaka uygulamaya gerek yoktur ve daha sonra ısı veren ışık kaynağıyla sertleştirilir. Bu restorasyonlarda, sertleşmeden önce erken aşamada modelasyonu kolaylaştırmak için gloss kullanılır. Gloss, aynı zamanda sertleşme sırasında neme ve kurumaya karşı restorasyonu korur. Dolgu veya fissür örtücü yapılmasından sonra eldivene damlatılan gloss ince bir tabaka olarak uygulanıp parmak basıncıyla modelasyon sağlanmalıdır (GCP Dental, 2014).

Bu restoratif materyalin yüzey cilası, monomer içermez ve dolgu üzerinde koruyucu bir tabaka oluşturur. Yüzey cilası; cam karbomer simanın erken evrede ağız sıvılarıyla temasını önleyerek ideal bir polimerizasyon amacıyla, ileri evrede ise cam karbomer simanın dehidrate olmasını önlemek için kullanılır (Cehreli ve ark., 2013).

Kullanım alanları (GCP Dental, 2014):

1. Daimi dişlerde sınıf I ve sınıf II kavitelerin restorasyonunda,
2. süt dişlerinde sınıf I ve II kavitelerin restorasyonunda,
3. sınıf V kavitelerin restorasyonunda ve
4. kron ve köprü yapılacak dişin kor yapımında kullanılırlar.

Bu restoratif materyalin geleneksel cam iyonomer simanlara göre artmış biyoaktiviteye sahip olduğu öne sürülse de literatürde cam karbomerlerle periodontal hücrelerin arasındaki biyoyumu gösteren hiçbir klinik çalışma veya olgu raporu yoktur (Michel ve ark., 2016).

Bugüne kadar cam karbomerlerle ilgili sadece ön çalışmalar yapılmış olup hiçbir uzun dönem çalışma literatürde bulunmamaktadır. Sonuç olarak, materyalin ağızda

kalma süresi bilinmemektedir. Uzun dönem takipli çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Sidhu ve Nicholson, 2016).

2.9. Mikrosızıntı

Mikrosızıntı; diş - restoratif materyal arasındaki bağlantı bölgesinden ağız sıvılarının, bakterilerin, moleküllerin ve iyonların geçişi olarak tanımlanmaktadır (Taylor ve Lynch, 1992). Mikrosızıntının diş - restoratif materyal arasındaki bölgeden önlenmesi, restoratif materyallerin uzun ömürlü olması açısından çok önemlidir. İyi bir restorasyon materyali, kavite duvarlarına çok iyi adaptasyon göstermeli ve mikrosızıntısı minimum olmalıdır (Kidd, 1976). Diş - restoratif materyal arasında oluşan kenar aralığına bağlı olarak meydana gelen mikrosızıntı; bakteri ve ürünlerinin geçişine, plak birikimine yol açar ve buna bağlı olarak bu bölgede sekonder çürük, renkleşme, gingivitis, hassasiyet ve pulpa enfeksiyonları gibi komplikasyonlara sebep olmaktadır. Diş - restoratif materyal arasındaki kenar uyumunun iyi olması ağız sıvılarının ve bakterilerin bu bölgeden pulpaya geçişini önler, sekonder çürük ve periodontal enfeksiyonların oluşma riskini en az seviyeye indirir (Dejou ve ark., 1996).

2.9.1. Termal Siklus

Termal siklus, ağız içerisinde görülen sıcaklık seviyelerindeki değişimlerin in vitro ortamda diş dokularına ve restorasyona uygulanması esasına dayanmaktadır (Alani ve Toh, 1997).

Örneklere termal siklus ile yapılan yaşlandırma, iki şekilde gerçekleşmektedir. Birincisi sıcak su; diş - restoratif materyal arasındaki bölgenin hidrolizini, buna bağlı su alımını ve zayıf şekilde polimerizasyon gerçekleşen rezin polimerlerin veya parçalanma ürünlerinin salınımını hızlandırır. Diğer etki mekanizması ise restoratif materyallerin termal genleşme katsayısının dişe oranla daha büyük olması ve buna bağlı görülen daha fazla büzülme ve genleşmesinden dolayı diş - restoratif materyal ara yüzeyinde oluşan sürekli görülen büzülme ve genişlemeye bağlı streslerin meydana gelmesidir. Bu durum diş - restoratif materyal ara yüzeyinde aralanma ve çatlak oluşumuna neden olmakta, buna bağlı olarak da ağız sıvılarının bu bölgeden geçişi olmaktadır (Alani ve Toh, 1997; Gale ve Darvell, 1999).

Termal siklus testinin kullanıldığı çalışmalarda alt sınır sıcaklık değerleri 2 - 20 °C arasında olup, üst sınır sıcaklık değerleri 45 - 65 °C arasında değişmektedir (Eroğlu ve Baydır, 2010).

2003'te düzenlenen ISO standartlarına göre termal siklus cihazı için siklus sayısı 500, alt ve üst sıcaklık seviyeleri ise 5 - 55 °C olarak belirlenmiştir (De Munck ve ark., 2005; Eroğlu ve Baydır, 2010).

Termal siklus sayısı 6000 olduğunda ise, fizyolojik koşullarda 5 yıllık yaşlandırmaya karşılık geldiği bildirilmiştir (Probster ve ark., 1996; Leibrock ve ark., 1999).

2.9.2. Mikrosızıntı Değerlendirme Yöntemleri

Restorasyonların mikrosızıntı değerlerini belirleyen çeşitli yöntemler vardır. Bu yöntemler (Taylor ve Lynch, 1992):

1. Boya penetrasyon yöntemi,
2. nötron aktivasyon ile analiz,
3. elektrokimyasal yöntem,
4. sıvı filtrasyon yöntemi,
5. mikroskopik inceleme yöntemleri,
6. radyoizotop yöntemi,
7. kimyasal ajanlar ile analiz,
8. hava basıncı yöntemi,
9. bakteriyel sızıntı yöntemidir.

2.9.2.1. Mikrosızıntının Tespitinde Kullanılan Boyalar

Mikrosızıntı seviyesini belirlemek için boyaların kullanılması en eski kullanılan yöntemlerden biri olup uygulaması kolay ve ucuz olduğu için rutin olarak çalışmalarda kullanılmaktadır (Taylor ve Lynch, 1992). Bu yöntemde restorasyonlu dişin restorasyon hariç kalan tüm yüzeyi cila veya mumla kaplanır ve belli bir zaman süresince boyanın içinde bekletilir. Sonra ilgili dişlerden kesitler elde edilerek mikroskopla sızan boyanın düzeyi belirlenir (Erdilek ve ark., 2009). Genellikle kullanılan boyalar %0,5 - 2'lik bazik fuksin, %0,2 - 2 veya %10'luk metilen mavisi,

%20'lik floresan, %2'lik eritrosin, %0,05'lik kristal violet, %2'lik anilin mavisi ve %0,25'lik toluidin mavisidir (Erdilek ve ark., 2009).

Mikrosızıntı çalışmalarında en sık kullanılan yöntemlerden biri metilen mavisi ile bağlanma etkinliğinin kantitatif ölçümleridir. Metilen mavisinin avantajları şunlardır.

1. Görünebilir ışık altında kesin olarak saptanabilir,
2. hızlı, direkt ve hatasız ölçümlere olanak tanır,
3. hatasız çözünebilir,
4. sert dokularla reaksiyona girmez,
5. bakteriyel bir boya olduğundan dentin kanallarının içine kolayca sızabilir.

2.9.2.2. Mikrosızıntının Değerlendirilmesinde Kullanılan Mikroskoplar

Araştırmacılar diş - restoratif materyal arayüzündeki mikrosızıntıyı farklı yöntemlerle incelemelerinin ardından elde ettikleri sonucu daha detaylı değerlendirmek için mikroskopik inceleme yöntemlerini kullanmışlardır. Bu amaçla farklı tip mikroskoplar kullanılsa da hepsinin ortak özellikleri ilgili objenin görüntüsünü büyütürken ekrana veya fotoğraf planına iletilerek görüntünün elde edilmesidir (Yıldız, 2003).

Mikroskopik incelemede kullanılan mikroskoplar:

1. Stereomikroskoplar
2. Elektron mikroskoplar

Stereomikroskoplarda; ışık, objenin üstünden yansıtılarak objektife iletilmektedir. Bu sayede ilgili objenin yüzey görüntüsü detaylı olarak incelenebilirken görüntü 3 boyutlu (3D) olarak elde edilebilmektedir. Klasik ışık mikroskopunda elde edilen büyütme derecelerine bu mikroskoplarda ulaşamamaktadır (Yıldız, 2003).

Elektron mikroskopların; ışık mikroskoplarına göre önemli bir avantajı bu mikroskoplar ile yüz binlerle tanımlanan büyütme değerlerine ulaşabilmek mümkündür. Görüntünün oluşması için elektronları kullanır. Bu mikroskoplarda ışık mikroskoplarından farklı şekilde görüntü oluşmaktadır. Işık mikroskopunda görüntü ışığın farklı seviyelerde emilimi ile oluşurken, elektron mikroskoplarında ise görüntü

elektronların farklı yönlere sapmaları sonucunda ortaya çıkmaktadır. Elektronları geçiren, saptıran kısımlar ve saptırmanın seviyesine göre ekranda beyaz, gri hatta siyaha kadar renk tonunda görüntüler oluşmaktadır (Yıldız, 2003).

Elektron mikroskopları; yüzey özelliklerini 3D görüntü elde edecek şekilde inceleyen taramalı elektron mikroskopları ve kesitsel görüntüsünü ortaya çıkaran transmisyon elektron mikroskopları olarak ikiye ayrılmaktadır (Yıldız, 2003).

Taramalı elektron mikroskopları; heterojen yapıda bulunan inorganik ve organik maddelerin mikrometre ve nanometre düzeyinde inceleyen bir yöntemdir. Bu cihazın en önemli avantajlarından birisi çözünürlüğü çok olan hacimleri büyük maddelerin yapısal incelemelerinin gerçekleştirilmesini sağlamasıdır. Bir diğer önemli avantajı ise düz yüzey görüntülerini 3D olacak şekilde görüntü alınmasını kolaylaştırmasıdır (Goldstein ve ark., 2012).

Görüntüler elektron demeti gönderilen örneklere, örneklerin yapısında bulunan atomlarla çarpışmasıyla meydana gelen ışınlar ile geri yansıyan elektronların hesaplanmasıyla elde edilir (Goldstein ve ark., 2012).

Bu teknikte cihaz altın veya karbon gibi iletken maddeyle kaplanan örnekleri doğru görüntüleyebildiğinden direk yüzey görüntüleme yöntemi olarak kabul edilmez ve bu cihaz yüksek devirde vakum ile çalıştığından ıslak yapıdaki örnekler görüntülenememektedir (Dogan ve ark., 2008).

Stereomikroskop ile kıyaslandığında görüntüyü büyütme için stereomikroskop ışık kullanırken, Scanning Electron Microscope (SEM) ile elektron ışını kullanılır. Çözünme gücü ikisinde de dalga boyuna bağlıdır. Örnekler stereomikroskop altında atmosfer ortamında kolaylıkla gözlemlenirken, SEM örnekleri ise vakum içinde gözlenmektedir (Attin, 2006).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma özellikle çocuk diş hekimliği alanında sık kullanılan farklı tipteki restoratif cam iyonomer simanların (geleneksel cam iyonomer, rezin modifiye cam iyonomer, yüksek viskoziteli cam iyonomer ve cam karbomer) mikrosızıntısı üzerine ısı uygulanmasının etkisini in vitro koşullarda değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Çalışma için öncelikle deney gruplarının oluşturulması ve her deney grubunda örneklem boyutunun hesaplanması için Power Analizi yapılmıştır. Kriter olarak, Çehreli ve arkadaşlarının (2013) yaptığı çalışma dikkate alınmıştır. Yapılan istatistik analiz sonucu α (alfa) =0,05 ve testin gücü %95 için yapılan güç analizi ve örnek büyüklüğü testine göre (Power and Sample Size) her bir grup için örnek büyüklüğü $n=14$ olarak belirlenmiştir. Tüm kaviteler her dişin hem bukkal hem de lingual/palatinal yüzeyinde açılmıştır. Çalışmada kullanılan her restoratif cam iyonomer için ısı uygulaması dikkate alınarak 4 deney grubu oluşturulmuştur. Bu amaçla toplam 112 süt ikinci azı dişi kullanılmıştır.

Araştırma projesi için etik kurul onayı, T.C. Ordu Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan (03/06/2016 tarih karar sayısı 2016/75) alınmıştır. Çalışmanın amacı, içeriği, yöntem ve sorumluluklarını anlatan “bilgilendirilmiş olur formu” Etik Kurul'un talebi doğrultusunda gönüllü veliler tarafından okunmuş ve imzalı onayları alınmıştır.

Çalışmada kullanılan dişlerin restorasyonu T.C. Ordu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'nda; deneysel çalışmalar T.C. Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda, stereomikroskop incelemeleri T.C. Ordu Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Parazitoloji Anabilim Dalı Laboratuvarı'nda ve SEM görüntüleri ise T.C. Karadeniz Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

3.1. Çalışmada Kullanılan Gereçler

3.1.1. Dişlerin Kavite ve Polisaj İşlemleri İçin Kullanılan Gereçler

1. Aeratör ve mikromotor (Kavo Dental GmbH, Bismarckring, Almanya),
2. Fissür frez (Micro Diamond Technologies, MDT dental, Israel),
3. Cila diskleri (Sof- Lex Extra Thin, 3M ESPE),
4. Polisaj lastikleridir.



Şekil 3.1. Dişlerin kavite ve polisaj işlemleri için kullanılan gereçler

3.1.2. Kavite hazırlanması için kullanılan gereçler

1. Periodontal sond (Hu-friedy, Chicago, IL, USA),
2. Kavitenin genişliğini ölçmek için matriks bandından hazırlanmış anahtar şablon,
3. Keçeli kalem kullanılmıştır.

3.1.3. Çalışmada Kullanılan Restoratif Cam İyonomerler

Çalışmada kullanılan restoratif cam iyonomerler Tablo 3. 1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan restoratif cam iyonomerler

Materyal	Materyalin Tipi	Üretici Firma	Üretim Numarası
GC Fuji IX	Geleneksel Cam İyonomer	GC Corp., Tokyo, Japan	003273
GC Fuji II LC	Rezin Modifiye Cam İyonomer	GC Corp., Tokyo, Japan	003234
GC EQUIA Fil	Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer	GC Corp., Tokyo, Japan	900593
GCP Glass Fill	Cam Karbomer (Karbomer ve Fluroapatit İle Güçlendirilmiş Cam İyonomer)	GCP Dental, Hollanda	106007



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan geleneksel cam iyonomer siman GC Fuji IX



Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan rezin modifiye cam iyonomer siman GC Fuji II LC



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan yüksek viskoziteli cam iyonomer siman GC EQUIA Fil



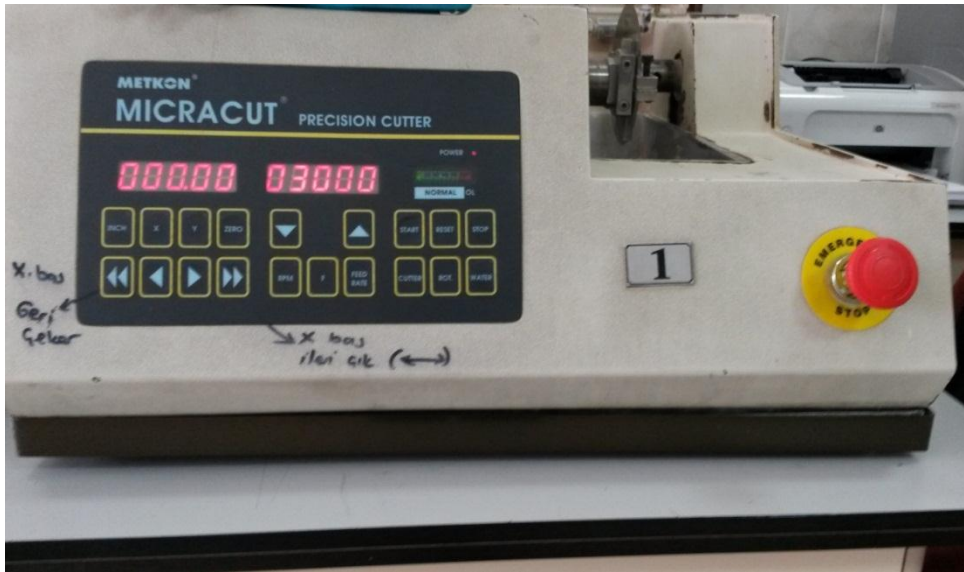
Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan cam karbomer GCP Glass Fill

3.1.4. Mikrosızıntı Deneyinde Kullanılan Gereçler

1. Termal Siklus Cihazı (SD Mechatronik Thermocyclers, Almanya),
2. Tırnak cilası (Flormar pretty nail enamel),
3. %2'lik metilen mavisi solüsyonu,
4. Kesit alma cihazı (Micracut Precision Cutter, Metkon Instruments Ltd, Bursa, Turkey),
5. Stereomikroskop (Zeiss Stemi 2000-C, Zeiss, Jena, Germany),
6. Taramalı elektron mikroskop (SEM) (Evo Ls10, Zeiss, Germany), kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan termal siklus cihazı



Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan kesit alma cihazı



Şekil 3.8. Çalışmada kullanılan stereomikroskop



Şekil 3.9. Çalışmada kullanılan taramalı elektron mikroskop (SEM)

3.2. Yöntem

3.2.1. Dişlerin Toplanması

Araştırma için kullanılan tüm dişler T.C. Ordu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı ve Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı'na başvuran hastalardan elde edilmiştir. Tüm velilere bilgilendirilmiş onam formu okutulmuş, çalışma içeriği anlatılmış ve kabul ettiklerine dair yazılı onamları alınmıştır.

Çalışmada kullanılan süt ikinci azı dişlerinin dahil edilme kriterleri:

1. Çürük, çatlak veya herhangi bir restoratif uygulama olmaması,
2. fizyolojik kök rezorpsiyon seviyesi kökün 2/3'ünden fazla olan ve eksfoliasyonu yakın olan dişler,
3. ortodontik nedenlerle çekim endikasyonu bulunması,
4. son altı ay içerisinde çekilmiş olması.

Çalışmada kullanılan süt ikinci azı dişlerinin hariç tutulma kriterleri:

1. Çürük, çatlak veya herhangi bir restoratif uygulama olması,
2. fizyolojik kök rezorpsiyon seviyesi kökün 2/3'ünden az olan dişler,
3. nekroz veya apseli dişler,
4. hipoplazi, florozis, hipomineralizasyon gibi gelişimsel veya kazanılmış defektlerin varlığı.

Çekimden sonra tüm dişlerde kalan yumuşak ve sert doku artıkları, spançlar ve dental skaler ile temizlenip hava - su spreyi ile yıkanmıştır. Deneysel işlemlerin yapılacağı zamana kadar tüm dişler +4 °C'de serum fizyolojikte bekletilmiştir. Serum fizyolojik bu süre boyunca kontaminasyonu engellemek için 5 günde bir değiştirilmiştir.

3.2.2. Çalışma Gruplarının Oluşturulması

Çalışma için toplam 112 adet süt ikinci azı dişi kullanılmış olup her bir dişin hem bukkal hem de lingual/palatinal yüzeylerine mine-sement sınırının 1 mm üzerinde kalacak şekilde 4X2X2 mm ebatlarında, toplam 224 adet sınıf V kavite açılmıştır. Tüm kaviteler, yüksek devirli aeratör ve elmas fissür frezler ile su soğutması altında hazırlanmıştır (Şekil 3.9 ve 3.10). Frezler her 5 kavitenin açılmasının ardından değiştirilmiştir. Kaviteler, matriks bandından hazırlanmış anahtar şablon ile açılmış, kavite derinliği ise işaretli periodontal sond yardımı ile kontrol edilmiştir.



Şekil 3.10. Kavite preparasyonu



Şekil 3.11. Hazırlanan sınıf V kavite

Çalışma için 4 farklı tipte restoratif cam iyonomer siman (geleneksel cam iyonomer, rezin modifiye cam iyonomer, yüksek viskoziteli cam iyonomer ve cam karbomer) kullanılmıştır. Restoratif materyal tipi dikkate alınarak her materyal için eşit sayıda örnek olacak şekilde (toplam 28 diş, 56 kavite) dişler ayrılmış ve tüm kavitelerin restorasyonu üretici firmanın önerileri doğrultusunda aşağıda anlatıldığı şekilde tamamlanmıştır.

Geleneksel Cam İyonomer (GC Fuji IX): Kaviteye GC dentin kondisyoner 20 s fırçayla uygulandı, sonra asit yıkanarak uzaklaştırıldı ve diş steril pamuk peletler ile kurutuldu. Kapsül aktive edilip 10 s RotoMix (3M ESPE, Germany) ile karıştırıldı. Restoratif materyal kaviteye bulk-fill tekniğiyle uygulandı ve başlangıç konturu şekillendirildi. Bitim işlemleri diskler ve polisaj lastikleriyle yapıldı. Final örtücü olarak G-Coat Plus (20 s polimerizasyon) ile yapıldı.

Rezin Modifiye Cam İyonomer (GC Fuji II LC): Kaviteye GC dentin kondisyoner 20 s fırçayla uygulandı ve asit yıkanarak uzaklaştırıldı ve diş steril pamuk peletler ile kurutuldu. Kapsül aktive edilip 10 s RotoMix ile karıştırıldı. Restoratif materyal kaviteye uygulandı ve başlangıç konturu şekillendirildi. 470 nm dalga boyu olan bir ışık cihazı ile 20 s ışık uygulandı. Kavite derinliği 1,8 mm'den derin olduğu için tabakalama tekniği ile restorasyonlar gerçekleştirildi. Bitirme işlemleri diskler ve polisaj lastikleriyle yapıldı. Final örtücü olarak ise G-Coat Plus (20 s polimerizasyon) ile yapıldı.

Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer (GC EQUIA Fil): Kaviteye GC dentin 20 s fırçayla uygulandı ve asit yıkanarak uzaklaştırıldı ve diş steril pamuk peletler ile kurutuldu. Kapsül aktive edilerek 10 s RotoMix ile karıştırıldı. İlk dış hat şekillendirilmesi yapıldı ve süper ince elmas uçlu frezlerle düzeltilip bitirildi. Diş yüzeyi aşırı olmayacak şekilde hava spreyi uygulayarak kurutuldu. Restorasyon üzerine yüzey örtücü EQUIA Coat uygulandı ve görünür ışık ile 20 s polimerize edildi.

Cam Karbomer (GCP Glass Fill): Kavite su ile yıkandı ve çok kurutmamaya dikkat edilerek steril pamuk peletler ile kurutuldu. Kapsül aktive edilerek 15 s RotoMix ile karıştırıldı. Karıştırılan GCP Glass Fill kaviteye uygulandı. GCP Gloss restorasyon yüzeyine uygulandı. Siman gloss uygulaması ile şekillendirildi ve restorasyon artıkları temizlendi. Üretici firmanın önerileri doğrultusunda 1400 mW/cm²'lik bir ışık cihazı (Valo LED, Ultradent, South Jordan) ile 60 s ısı uygulandı.

Restoratif uygulamaların üretici firmanın önerileri doğrultusunda uygulanmasının ardından, ısı uygulamasının mikrosızıntı üzerindeki etkisini değerlendirmek için ısı uygulamasına geçilmiştir. Bu amaçla her bir restoratif materyal farklı sürelerde (20 s, 40s ve 60 s) olacak şekilde ısı uygulanmıştır. Isı uygulaması amacıyla VALO LED

ışık cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.11). Bu cihaz ısı uygulaması için yüksek güç modu olan 1400 mW/cm^2 'de kullanılmıştır. Uygulanan ısı süreleri dikkate alındığında her restoratif materyal kendi içerisinde 4 gruba ayrılmıştır:

Grup 1: Kontrol grubu olarak oluşturulmuştur. Herhangi bir ısı uygulaması yapılmamış, sadece üretici firmanın önerileri doğrultusunda restorasyon yapılmıştır (toplam 7 diş, 14 kavite).

Grup 2: 20 s süre ile ısı uygulaması yapılmıştır (toplam 7 diş, 14 kavite).

Grup 3: 40 s süre ile ısı uygulaması yapılmıştır (toplam 7 diş, 14 kavite).

Grup 4: 60 s süre ile ısı uygulaması yapılmıştır (toplam 7 diş, 14 kavite).



Şekil 3.12. VALO LED ışık cihazı

3.2.3. Termal Siklus ile Yaşlandırma

Çalışma gruplarının oluşturulmasının ardından bütün örnekler bir gün boyunca 37°C’de distile suda bekletilmiştir. Sonra tüm örnekler banyo süresi 50 s; banyolar arasında geçiş zamanı 10 s olacak şekilde, 5 - 55 °C arasında 6000 kez termal siklus işlemine tabi tutulmuştur.

3.2.4. Mikrosızıntı Deneyinin Uygulanması

Mikrosızıntı seviyesinin belirlenmesi için boya penetrasyon yöntemi kullanılmıştır. Restorasyon bölgesi dışındaki alanlardan boya geçişini önlemek için restorasyon sınırlarının 1 mm dışında olacak şekilde tüm diş yüzeyleri 2 kat renkli bir tırnak cilasıyla kaplanmıştır. Dişlerin apikal ve furkal bölgeleri, sızıntıyı engellemek için kompozit (Dentsply Dyract XP, USA) ile kapatılmıştır.



Şekil 3.13. Diş yüzeylerinin oje ile örtülmesi

Dişler, 24 saat boyunca %2’lik metilen mavisi içerisinde ışık geçirmeyen ortamda bekletilmiştir. Sonra dişler solüsyondan çıkarılıp musluk suyu altında yıkanıp diş yüzeyleri fırçalanarak fazla boya uzaklaştırılmıştır.

Kesit alma işlemi, T.C. Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı’nda su soğutması altında bir kesit alma cihazı (Micracut Precision Cutter, Metkon Instruments Ltd, Bursa, Turkey) kullanılarak elmas kesme diski ile yapılmıştır. Kesit alma işleminde örnekler dişin uzun aksına dik olacak şekilde restorasyonların tam ortasından bukkal - lingual/palatinal yönde ikiye ayrılmış, daha sonra ayrılan bu parçalar mezio - distal yönde ikiye ayrılmıştır.

Mikrosızıntı seviyelerinin değerlendirilmesi için, T.C. Ordu Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Parazitoloji Anabilim Dalı Laboratuvarı'nda bulunan stereomikroskop (Zeiss Stemi 2000-C, Zeiss, Jena, Germany), 10 X büyütme olacak şekilde ayarlanıp her iki yüzeyin görüntüsü mikroskoba bağlı kamera (AxioCam 105 color, Zeiss, Jena, Germany) ile fotoğrafları çekilip bilgisayara kaydedilmiştir. Tüm örneklerin boya sızıntı seviyeleri, hem okluzal hem de gingival bölge boyunca milimetrik olarak bir görüntü analiz programı (ImageJ, National Institutes of Health, USA) ile ölçülmüş ve ayrı ayrı kaydedilmiştir.

3.2.5. SEM Değerlendirmesi

Çalışmada diş - restorasyon arasındaki bağlanma derecesinin daha detaylı incelenmesi amacı ile her gruptan ikişer örnek olacak şekilde SEM cihazında (Evo Ls10, Zeiss, Germany) görüntüler alınmıştır.

Örnekler işlem öncesi bir gün oda sıcaklığında kalacak şekilde kurumaya bırakılmıştır. Ardından sıvı karbon ile taşıyıcı 'setup' lar üzerine yerleştirilmiştir. İki saat süre boyunca 60 °C'de etüvde kurutulan örnekler kaplama cihazında (Polaron E5100 seri II) 6×10^{-2} mbar'a kadar vakumlama yapıldıktan sonra yüzeylere 0,015 µm kalınlığında altın kaplama yapılmıştır ve SEM'de detaylı bir şekilde incelenmiştir. Her bir grupta örneklerin okluzal ve gingival bölgelerinde, mikrosızıntının tespit edildiği ve tespit edilmediği kısımlarından görüntüler alınmıştır.

3.2.6. İstatistiksel Analiz

Tüm istatistiksel hesaplamalar SPSS 22.0V istatistik paket programında yapılmıştır. $p < 0,05$ önem seviyesinde bulgular istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Okluzal ve gingival veriler normallik varsayımı açısından Kolmogorov-Smirnov testiyle değerlendirilmiştir. Isı - materyaller arası farklılıklar, gingival ve okluzal ölçümler arasındaki farklılıklar Kruskal Wallis H testiyle belirlenmiştir. Genel uygulama grupları arasındaki farklılıklar ise Steel-Dwass non parametrik çoklu karşılaştırma testiyle belirlenmiştir. Araştırma bulguları n; ortalama, standart sapma, median, IQR olarak sunulmuştur. Standart sapma ve ortalamaları hesaplamak için tek yönlü varyans analizi yapılmıştır.

4. BULGULAR

Çalışmada 4 farklı cam iyonomer simanın [geleneksel cam iyonomer (GC Fuji IX), rezin modifiye cam iyonomer (GC Fuji II LC), yüksek viskoziteli cam iyonomer (GC EQUIA Fil) ve cam karbomer (GCP Glass Fill)] mikrosızıntı değerleri karşılaştırılmış ve bu materyallere ilave olarak farklı sürelerde ısı uygulandığında (kontrol, 20s, 40s ve 60 s) ısının materyallerin mikrosızıntısı üzerine olan etkisi istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

4.1. Mikrosızıntı Bulguları

Tablo 4.1’de tüm restoratif cam iyonomerler için okluzal ve gingival bölgede genel mikrosızıntı değerlerinin dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.1. Tüm restoratif cam iyonomerler için okluzal ve gingival bölgede genel mikrosızıntı değerlerinin dağılımı

Restoratif Cam İyonomerler	Okluzal			Gingival			p
	Ort (mm)	SS	Median (IQR)	Ort (mm)	SS	Median (IQR)	
GC Fuji IX	1,01 ^a	0,957	0,825 (2,00)	1,94 ^a	0,287	0,001 (2,00)	<0,001
GC Fuji II LC	1,38 ^a	0,888	2,00 (1,72)	1,89 ^a	0,454	0,001 (2,00)	<0,001
GC EQUIA Fil	0,333 ^b	0,694	0,001 (0,14)	1,30 ^b	0,922	2,00 (1,95)	<0,001
GCP Glass Fill	1,45 ^a	0,816	2,00 (1,54)	1,91 ^a	0,369	2,00 (0,001)	<0,001
p	<0,001			<0,001			

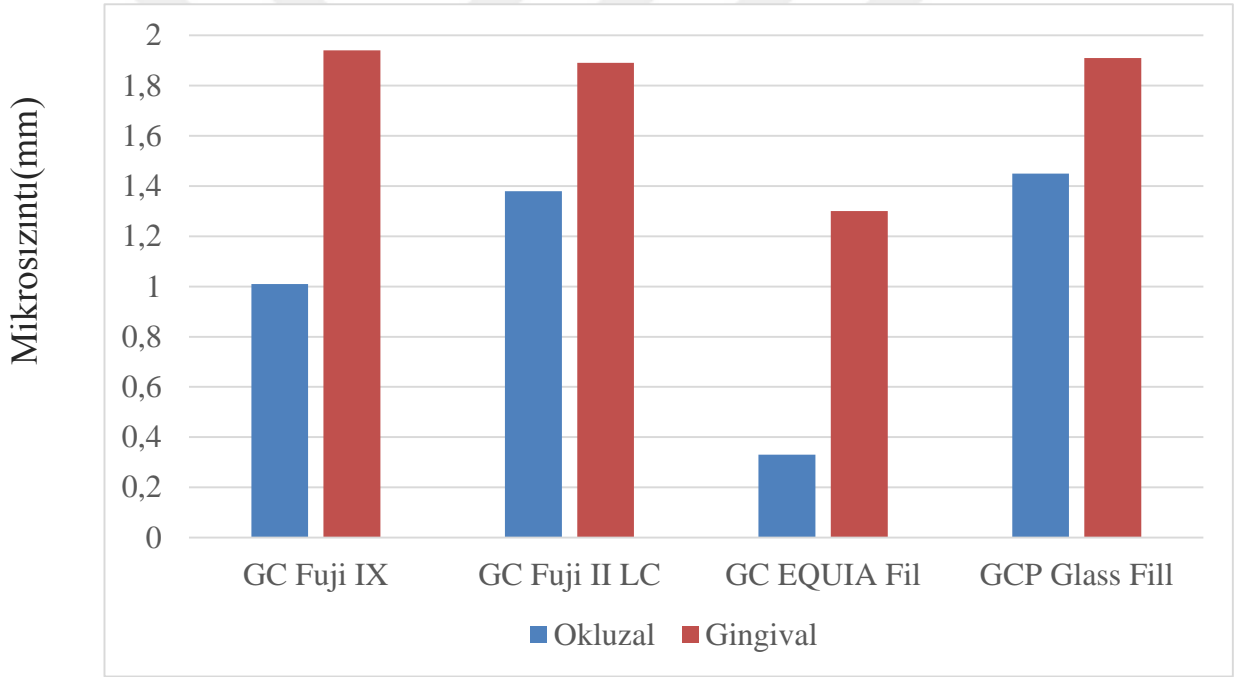
Ort: Ortalama, SS:Standart Sapma, IQR: Interquartile range

a, b: Her bir sütunda farklı üst simge restoratif cam iyonomerler arasındaki mikrosızıntı değerleri için istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (p<0,001).

Her bir restoratif cam iyonomerin kendi içinde bölgeye göre ortalama mikrosızıntı değerleri karşılaştırıldığında; okluzal ve gingival bölge arasında fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0,001). Tüm restoratif cam iyonomerlerde en yüksek ortalama mikrosızıntı değeri gingival bölgede tespit edilmiştir (Tablo 4.1).

Tüm restoratif cam iyonomerler arasında ortalama mikrosızıntı değerleri karşılaştırıldığında; materyaller arasında fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.001$). En dūřuk mikrosızıntı hem okluzal hem de gingival bōlgede yūksok viskoziteli cam iyonomer simanda (GC EQUIA Fil) tespit edilmiştir ($p<0,001$). Bununla birlikte, diğer restoratif materyaller arasında mikrosızıntı için istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). En yūksok mikrosızıntı okluzal bōlgede cam karbomerde (GCP Glass Fill), gingival bōlgede ise geleneksel cam iyonomerde (GC Fuji IX) tespit edilmiştir (Tablo 4.1).

Tūm restoratif cam iyonomerler için okluzal ve gingival bōlgede genel mikrosızıntı değerlerinin grafiksel dağılımı Őekil 4.1’de sunulmuştur.



Őekil 4.1. Tūm restoratif materyaller için okluzal ve gingival bōlgede genel mikrosızıntı değerlerinin grafiksel dağılımı

Tūm restoratif cam iyonomerler için ısı uygulamasına gōre okluzal ve gingival bōlgede mikrosızıntı değerlerinin dağılımı Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2. Tüm restoratif cam iyonomerler için ısı uygulamasına göre okluzal ve gingival bölgede mikrosızıntı değerlerinin dağılımı

	Isı Uygulaması	Okluzal			Gingival			p
		Ort (mm)	SS	Median (IQR)	Ort (mm)	SS	Median (IQR)	
GC Fuji IX GP	Kontrol	1,28	0,994	2,00 (2,00)	1,94	0,223	2,00 (0,00)	0,050
	20 s	1,16	1,006	2,00 (2,00)	2,00	0,001	2,00 (0,00)	0,007
	40 s	1,13	0,934	1,43 (2,00)	2,00	0,001	2,00 (0,00)	0,003
	60 s	0,465	0,750	0,01 (0,88)	1,85	0,534	2,00 (0,00)	<0,001
	p		0,095		0,520			
GC Fuji II LC	Kontrol	1,71	0,726	2,00 (0,01)	2,00	0,001	2,00 (0,001)	0,150
	20 s	1,38	0,890	2,00 (1,72)	1,85	0,534	2,00 (0,001)	0,083
	40 s	1,42	0,937	2,00 (2,00)	2,00	0,001	2,00 (0,001)	0,034
	60 s	0,998	0,929	0,70 (2,00)	1,71	0,726	2,00 (0,001)	0,040
	p		0,205		0,288			
GC EQUIA Fİl	Kontrol	0,509	0,773	0,001 (0,98)	0,96	0,951	0,56 (2,00)	0,133
	20 s	0,524	0,853	0,001 (1,35)	1,44	0,912	2,00 (1,83)	0,010
	40 s	0,299	0,722	0,001 (0,05)	1,30	0,972	2,00 (2,00)	0,006
	60 s	0,001	0,001	0,001 (2,00)	1,50	0,853	2,00 (1,23)	<0,001
	p		0,156		0,428			
GCP Glass Fİl	Kontrol	1,77	0,579	2,00 (0,001)	2,00	0,001	2,00 (0,001)	0,150
	20 s	1,39	0,852	2,00 (1,67)	1,79	0,539	2,00 (0,001)	0,147
	40 s	1,19	0,851	1,40 (1,72)	2,00	0,001	2,00 (0,001)	0,003
	60 s	1,44	0,918	2,00 (1,87)	1,86	0,501	2,00 (0,001)	0,130
	p		0,311		0,352			

Ort: Ortalama, SS:Standart Sapma, IQR: Interquartile range

Tüm restoratif cam iyonomerlerde ısı uygulamasına göre ortalama mikrosızıntı değerleri bölgelere göre karşılaştırıldığında; okluzal ve gingival bölge arasında genellikle istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). Tüm restoratif cam iyonomerlerde en yüksek ortalama mikrosızıntı değeri gingival bölgede tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

Her bir restoratif cam iyonomerin kendi içinde ısı uygulamasına göre ortalama mikrosızıntı değerleri karşılaştırıldığında; hem okluzal hem de gingival bölgede istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Bununla birlikte, okluzal bölgede cam karbomer (GCP Glass Fill) hariç diğer tüm restoratif cam iyonomerlerde, gingival bölgede ise yüksek viskoziteli cam iyonomer (GC EQUIA Fil) hariç diğer tüm restoratif cam iyonomerlerde 60 s ısı uygulaması yapıldığında mikrosızıntı değerlerinde kontrol grubuna göre bir düşüş tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

Tüm restoratif cam iyonomerlerde ısı uygulamasına göre “kontrol” grupları için okluzal ve gingival bölgede mikrosızıntı değerlerinin dağılımı Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.3. Tüm restoratif cam iyonomerlerde ısı uygulamasına göre “kontrol” grupları için okluzal ve gingival bölgede mikrosızıntı değerlerinin dağılımı

Restoratif Cam İyonomerler	Okluzal		Gingival	
	Ort (mm)	SS	Ort (mm)	SS
GC Fuji IX	1,28 ^{ab}	0,994	1,94 ^a	0,223
GC Fuji II LC	1,71 ^a	0,726	2,00 ^a	0,001
GC EQUIA Fil	0,509 ^b	0,773	0,96 ^b	0,95127
GCP Glass Fill	1,77 ^a	0,579	2,00 ^a	0,001
p	<0,001		<0,001	

Ort: Ortalama, SS:Standart Sapma, IQR: Interquartile range

a, b: Her bir sütunda farklı üst simge restoratif cam iyonomerler arasındaki mikrosızıntı değerleri için istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,001$).

Isı uygulamasına göre “kontrol” grupları için restoratif cam iyonomerler arasında mikrosızıntı değerleri karşılaştırıldığında; hem okluzal hem de gingival bölgede istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,001$). En az mikrosızıntı hem okluzal hem de gingival bölgede yüksek viskoziteli cam iyonomerde (GC EQUIA Fil) gözlenmiştir (Tablo 4.3). Okluzal bölgede geleneksel cam iyonomer (GC Fuji IX) geçiş grubu olup, diğer restoratif materyallere göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$). Gingival bölgede ise yüksek viskoziteli cam iyonomer (GC EQUIA Fil) hariç ($p<0,05$), diğer restoratif cam iyonomerler arasında mikrosızıntı için istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

Tüm restoratif cam iyonomerlerde ısı uygulamasına göre “20 s” grupları için okluzal ve gingival bölgede mikrosızıntı değerlerinin dağılımı Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4. Tüm restoratif cam iyonomerlerde ısı uygulamasına göre “20 s” grupları için okluzal ve gingival bölgede mikrosızıntı değerlerinin dağılımı

Restoratif Cam İyonomerler	Okluzal		Gingival	
	Ort (mm)	SS	Ort (mm)	SS
GC Fuji IX GP	1,16 ^a	1,006	2,00	0,001
GC Fuji II LC	1,38 ^a	0,890	1,85	0,534
GC EQUIA Fil	0,524 ^b	0,853	1,44	0,912
GCP Glass Fill	1,39 ^a	0,852	1,79	0,539
p	0,045		0,099	

Ort: Ortalama, SS:Standart Sapma, IQR: Interquartile range

a, b: Her bir sütunda farklı üst simge restoratif cam iyonomerler arasındaki mikrosızıntı değerleri için istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Isı uygulamasına göre “20 s” grupları için restoratif cam iyonomerler arasında mikrosızıntı değerleri karşılaştırıldığında; okluzal bölgede istatistiksel olarak anlamlı

bir farklılık tespit edilirken ($p<0,05$), gingival bölgede istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Okluzal bölgede yüksek viskoziteli cam iyonomer (GC EQUIA Fil) hariç ($p<0,05$), diğer restoratif cam iyonomerler arasında mikrosızıntı için istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

Tüm restoratif cam iyonomerlerde ısı uygulamasına göre “40 s” grupları için okluzal ve gingival bölgede mikrosızıntı değerlerinin dağılımı Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5. Tüm restoratif cam iyonomerlerde ısı uygulamasına göre “40 s” grupları için okluzal ve gingival bölgede mikrosızıntı değerlerinin dağılımı

Restoratif Cam İyonomerler	Okluzal		Gingival	
	Ort (mm)	SS	Ort (mm)	SS
GC Fuji IX GP	1,13 ^a	0,934	2,00 ^a	0,001
GC Fuji II LC	1,42 ^a	0,937	2,00 ^a	0,001
GC EQUIA Fil	0,299 ^b	0,722	1,30 ^b	0,972
GCP Glass Fill	1,19 ^a	0,851	2,00 ^a	0,001
p	0,007		<0,001	

Ort: Ortalama, SS:Standart Sapma, IQR: Interquartile range

a, b: Her bir sütunda farklı üst simge restoratif cam iyonomerler arasındaki mikrosızıntı değerleri için istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Isı uygulamasına göre “40 s” grupları için restoratif cam iyonomerler arasında mikrosızıntı değerleri karşılaştırıldığında; hem okluzal hem de gingival bölgede istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,005$). En az mikrosızıntı hem okluzal hem de gingival bölgede yüksek viskoziteli cam iyonomerde (GC EQUIA Fil) gözlenmiştir (Tablo 4.5).

Tüm restoratif cam iyonomerlerde ısı uygulamasına göre “60 s” grupları için okluzal ve gingival bölgede mikrosızıntı değerlerinin dağılımı Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.6. Tüm restoratif cam iyonomerlerde ısı uygulamasına göre “60 s” grupları için okluzal ve gingival bölgede mikrosızıntı değerlerinin dağılımı

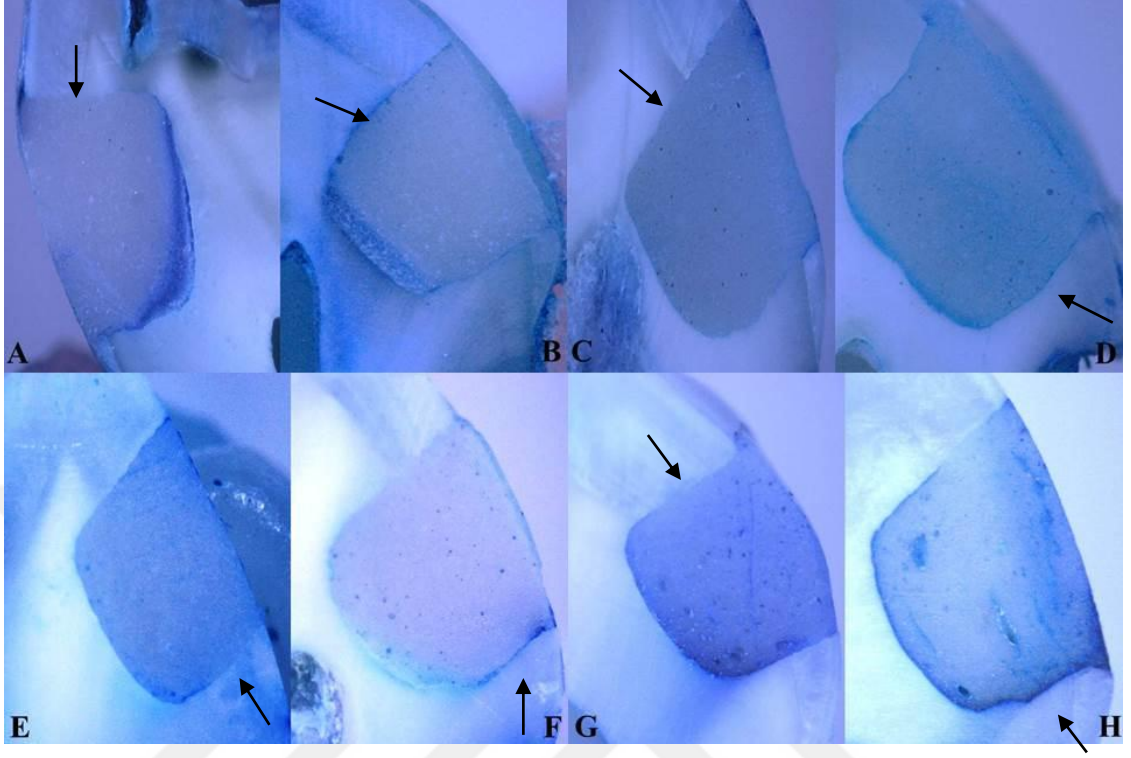
Restoratif Cam İyonomerler	Okluzal		Gingival	
	Ort (mm)	SS	Ort (mm)	SS
GC Fuji IX GP	0,465 ^{bc}	0,750	1,85	0,534
GC Fuji II LC	0,998 ^{ab}	0,929	1,71	0,726
GC EQUIA Fil	0,001 ^c	0,001	1,50	0,853
GCP Glass Fill	1,44 ^a	0,918	1,86	0,501
p	<0.001		0,447	

Ort: Ortalama, SS:Standart Sapma, IQR: Interquartile range

a, b, c: Her bir sütunda farklı üst simge restoratif cam iyonomerler arasındaki mikrosızıntı değerleri için istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,001$).

Isı uygulamasına göre “60 s” grupları için restoratif cam iyonomerler arasında mikrosızıntı değerleri karşılaştırıldığında; okluzal bölgede istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilirken ($p<0,001$), gingival bölgede istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). En az mikrosızıntı hem okluzal hem de gingival bölgede yüksek viskoziteli cam iyonomerde (GC EQUIA Fil) gözlenmiştir.

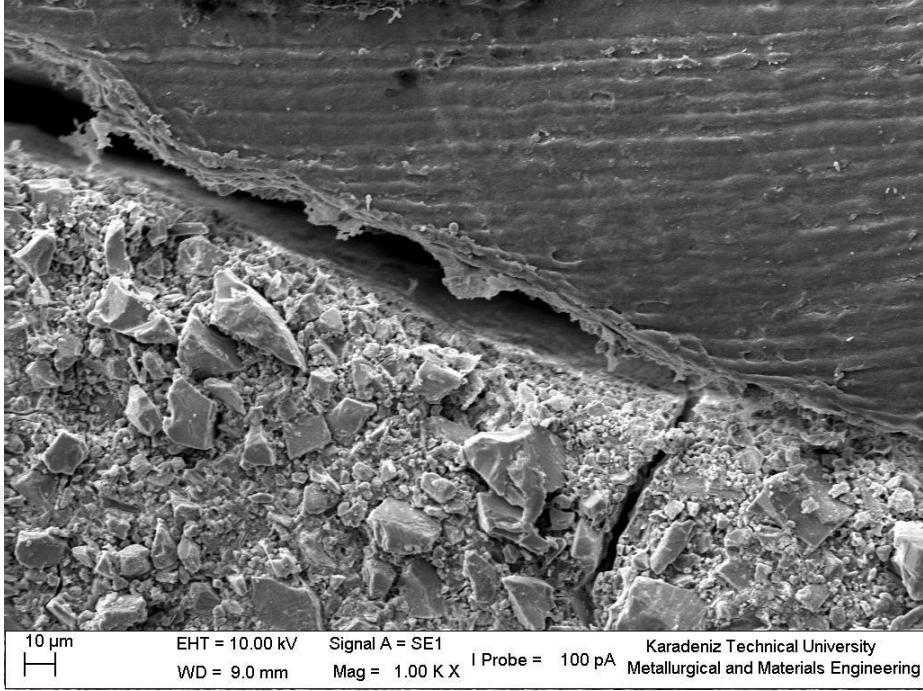
4.2. Restoratif Cam İyonomerlerin Stereomikroskop Görüntüleri



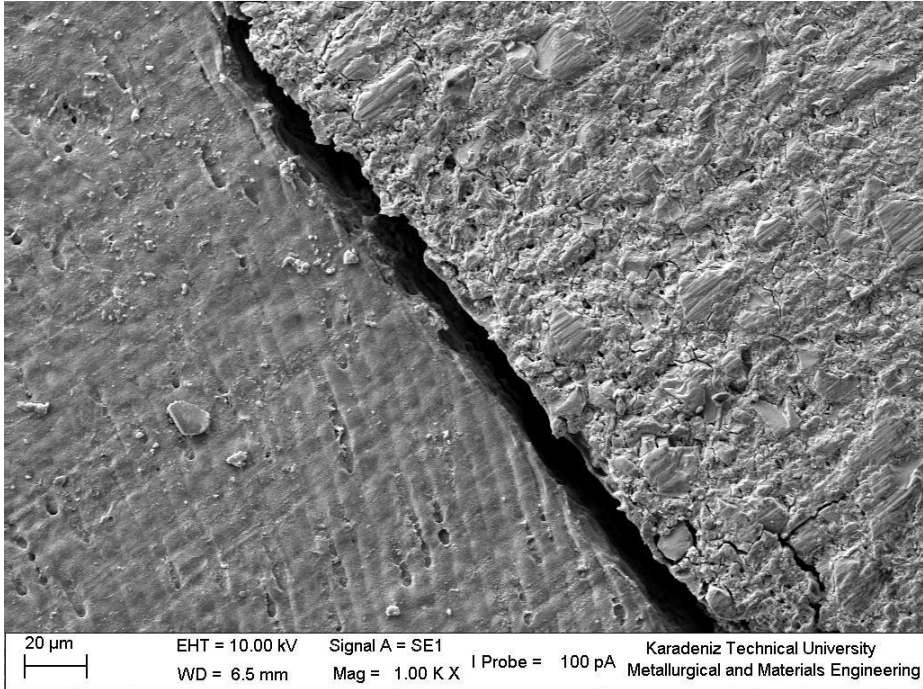
Şekil 4.2. Restoratif cam iyonomerlerde stereomikroskop görüntüsü.

- A: Geleneksel cam iyonomerde (GC Fuji IX GP) okluzal bölgede mikrosızıntı yok,
B: Geleneksel cam iyonomerde (GC Fuji IX GP) okluzal bölgede mikrosızıntı var,
C: Resin modifiye cam iyonomerde (GC Fuji II LC) okluzal bölgede mikrosızıntı yok,
D: Resin modifiye cam iyonomerde (GC Fuji II LC) gingival bölgede mikrosızıntı var,
E: Yüksek viskoziteli cam iyonomerde (GC EQUIA Fil) gingival bölgede mikrosızıntı yok,
F: Yüksek viskoziteli cam iyonomerde (GC EQUIA Fil) gingival bölgede mikrosızıntı var,
G: Cam karbomerde (GCP Glass Fill) okluzal bölgede mikrosızıntı yok,
H: Cam karbomerde (GCP Glass Fill) gingival bölgede mikrosızıntı var.

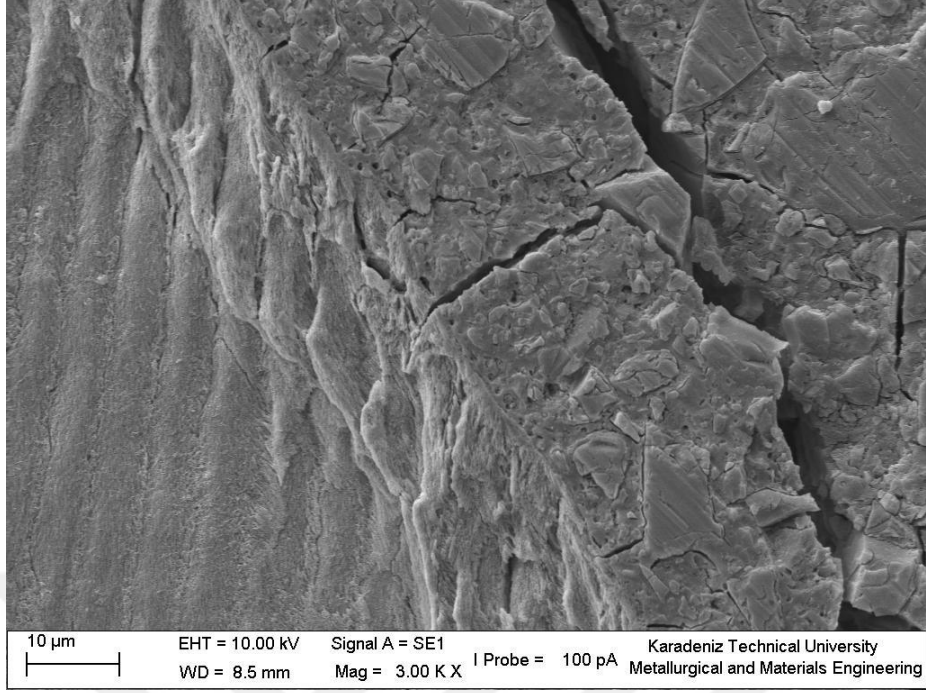
4.3. Restoratif Cam İyonomerlerin SEM Görüntüleri



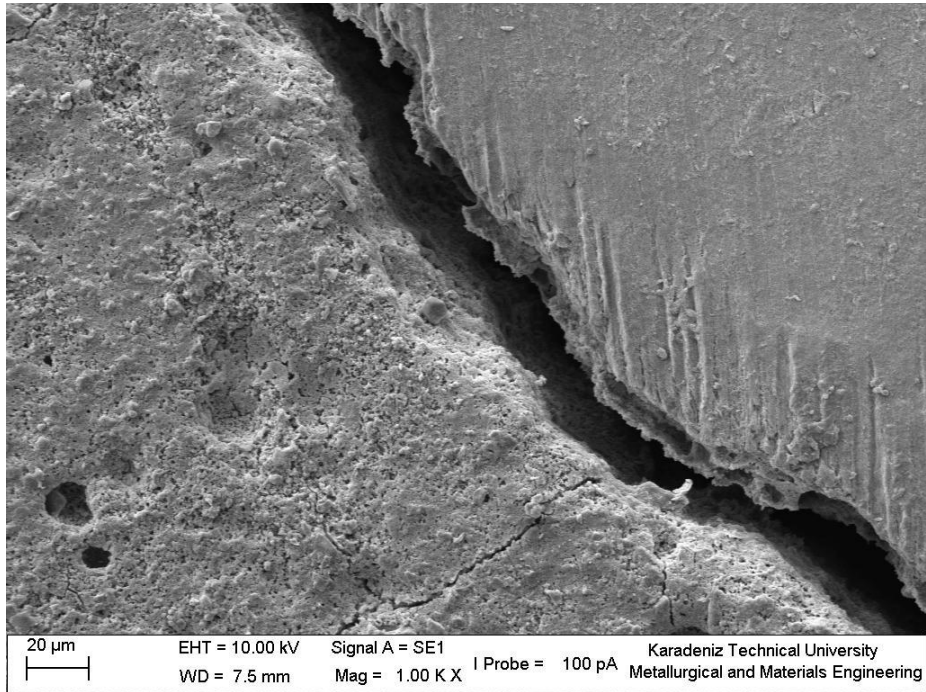
Şekil 4.3. Geleneksel cam iyonomerde (GC Fuji IX GP) mikrosızıntı görülen bir örnekte SEM görüntüsü.



Şekil 4.4. Resin modifiye cam iyonomerde (GC Fuji II LC) mikrosızıntı görülen bir örnekte SEM görüntüsü.



Şekil 4.5. Yüksek viskoziteli cam iyonomerde (GC EQUIA Fil) mikrosızıntı görülen bir örnekte SEM görüntüsü.



Şekil 4.6. Cam karbomerde (GCP Glass Fill) mikrosızıntı görülen bir örnekte SEM görüntüsü.

5. TARTIŞMA

Cam iyonomer simanlar, Wilson ve Kent tarafından tanıtılmasından bu yana (Wilson ve Kent, 1972) mekanik ve fiziksel özelliklerini geliştirmek amacıyla çeşitli modifikasyonlar yapılarak geliştirilmiştir (Kawano ve ark., 2001; Moshaverinia ve ark., 2008).

Bu çalışma farklı tipteki restoratif cam iyonomer simanların mikrosızıntısı üzerine ısı uygulamasının etkisinin değerlendirilmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışmanın tartışma kısmı gereç ve yöntemin tartışılması, ısı uygulamasının tartışılması, restoratif materyallerin tartışılması olarak 3 bölümden oluşmaktadır.

5.1. Gereç ve Yöntemin Tartışılması

Restoratif materyallerin geliştirilmesindeki en büyük nedenlerden birisi, restoratif materyalin diş dokularına bağlanmasının yeterli seviyede olmamasıdır. Bunun sonucunda diş - restorasyon ara yüzeyinde görülen mikrosızıntı; bu bölgede renklenmeye, sekonder çürük gelişimine, hassasiyet, postoperatif ağrı ve pulpitis oluşumuna yol açmaktadır (Tarım ve ark., 1998).

Mikrosızıntı; restorasyonların başarısını belirlemede kullanılan önemli parametrelerden biridir (Mali ve ark., 2006).

Mikrosızıntıya yol açan faktörler; diş dokuları ve restoratif materyal arasındaki ısıl genleşme katsayısının farklı olması, dolguda sertleşme sırasında görülen polimerizasyon büzülmesi, restorasyonda zamanla okluzal kuvvetlere bağlı görülen elastik deformasyon, dolgu yüzeyindeki aşınmanın artması, hekimin tedavi sırasında restorasyon yapımında gerekli kurallara bağlı kalmaması ve mine ile dentin arasında görülen ısıl genleşme katsayılarının farklı olmasıdır (Swift, 1989).

Mikrosızıntı, özellikle çocuk ve yaşlı bireylerde sık görülen kole dolgularında dişin diğer bölgelerini içine alan restorasyon yüzeylerine göre daha fazladır. Buna sebep olan faktörler arasında mine prizmalarının doğrultuları ve sayılarının farklı olması, bu bölgede cep sıvısının varlığı, farklı histomorfolojik yapının bulunması ve yetersiz mine kalınlığı sayılmaktadır (Shortall ve ark., 1988; Tarım ve ark., 1998).

İn vivo çalışmaları, hasta takipleri ve yapılan restorasyonların ağız içinde birebir fonksiyon görmesinden dolayı en iyi gibi görünse de bu çalışmaların maliyetlerinin yüksek olması, uzun sürmesi ve belirli aralıklarda hasta takipleri gerektirmesinden dolayı yapılan çalışmaları zorlaştırmaktadır (Krifka ve ark., 2008). Bunun yanında ağız içerisinde standart bir şekilde çalışma zorlukları, izolasyonda sorun yaşanabilmesi ve ağız içi ısısının farklılık göstermesi gibi nedenler sonuçları etkileyebilmektedir (Gale ve Darvell, 1999). Günümüzde sürekli olarak yeni materyallerin geliştirilmesi araştırmacıların etkinliklerini değerlendirmek için kolay ve daha kısa süren yöntemleri tercih etmelerine sebep olmuştur. Bu yüzden materyallerin laboratuvar çalışmalarıyla analiz edilmesiyle in vitro çalışmalar yapılmaktadır (Hara ve ark., 2001).

İn vitro çalışmaların kısa sürede sonuçlanabilmesi, uygulama kolaylığı, ilgili parametrelerin araştırılabilmesi, yeni bir ürünün performansının altın standart olarak kabul edilen ürünle karşılaştırılabilmesi ve daha ekonomik olması önemli avantajları arasında yer almaktadır (Van Meerbeek ve ark., 2003). Bu çalışmada da kolay standardizasyon yapılabilmesi ve sonuçların daha kısa sürede alınabilmesi için mikrosızıntı deneyleri in vitro koşullarda yapılmıştır.

İn vitro çalışmalarda, genel olarak gömülü daimi dişler veya kök rezorbsiyonuna bağlı olarak düşme zamanı gelen süt dişleri kullanılmaktadır. Bununla birlikte, erüpte olmuş daimi dişler ile gömülü kalan daimi dişler arasında mineral içeriğinin farklı olması (Reitznerova ve ark., 2000) yapılacak çalışmanın standardizasyonu açısından dikkat edilmesi gereken bir parametredir. Çocuk diş hekimliğinde önemli yeri olan cam iyonomer simanlar özellikle kooperasyon problemi olan çocukların süt dişlerinin restorasyonunda uygulanması daha kolay olması nedeniyle tercih edilmektedir. Bu nedenle çalışmamızda süt ikinci molar dişleri kullanılmıştır.

İn vitro deney çalışmalarında örneklerin bekletildiği dezenfektan solüsyonlarının farklılığı, yaşlandırma işlemleri, restorasyonların bitimi ile deney zamanı arasında geçen süre, örnek tipleri ve saklama sıcaklıkları gibi birçok faktör sonuçları değiştirebilmektedir (Heintze ve ark., 2009).

ISO (International Organization for Standardization) standartlarında çekilmiş dişlerin su ile yıkanıp kan ve yumuşak doku artıklarının temizlenmesi önerilmektedir.

Örnekler distile su veya %0,5'lik kloramin T solüsyonunda en fazla bir hafta süreyle bekletilmelidir (ISO Technical Specification, 2003). Bu çalışmada ise dişlerde kalan yumuşak ve sert doku artıkları, spançlar ve dental skaler ile temizlenip hava-su spreyi ile yıkanmıştır ve deney zamanına kadar distile suda bekletilmiştir. Kontaminasyonun önlenmesi için distile su 5 günde bir değiştirilmiştir.

Dişlerin çekiminin ardından geçen sürenin dişle olan bağlanma dayanımına önemli bir etkisinin olmadığı gösterilse de (Rueggeberg, 1991), dişlerin bekletilme süresinin 6 ay olması yapılan çalışmalar ile uyum sağlaması açısından önemlidir. Bu nedenle çalışmamızda çekim zamanından en çok 6 ay süre geçmiş süt ikinci azı dişleri kullanılmıştır.

Mikrosızıntı deneyleri, in vitro ortamda daha çok sınıf V kavitelem üzerinde yapılmaktadır. Sınıf II kavitelere göre sınıf V kavitelemde; kavite preparasyonu, adeziv ajanların uygulanması ve restorasyonların inkremental teknikle daha rahat yerleştirilmesi, polimerizasyon ve bitim işlemleri esnasında gerekli teknik hassasiyetin daha az olması standardizasyonu kolaylaştırmaktadır (Heintze ve ark., 2009). Bu nedenle çalışmamızda sınıf V kavitelem oluşturulmuştur. Mikrosızıntı çalışmalarında sınıf V kavitelem ISO standartlarına göre en az 3 mm genişliğinde ve 1 mm derinliğinde olmalıdır (ISO Technical Specification, 2003). Çalışmamızda hazırlanan sınıf V kavitelem boyutları 4X2X2 mm olacak şekilde standart olarak hazırlanmıştır.

Kullanılan restoratif materyallerin in vitro ortamda mikrosızıntısının incelenmesindeki en büyük sorun, ağız içerisinde fizyolojik ortamda mekanik ve ısıl farklılıklara bağlı oluşan streslerin birbir örnekler üzerinde taklit edilememesidir. Bu yüzden restorasyonu tamamlanmış dişlere termal siklus işlemi ile farklı değerlerde iki uç sıcaklık arasında belirli sürelerde bekletilip ısı şoku uygulanır. Böylece ağız içindeki ısı değişimleri taklit edilebilmektedir (Holtan ve ark., 1994). Yapılan çalışmalarda da termal siklus işlemiyle oluşan ısı değişimlerine bağlı olarak restoratif materyallerdeki mikrosızıntı değerlerinin in vivo çalışmalarda elde edilen sonuçlara yakın olduğu görülmektedir (Eidelman ve ark., 1989; Bouschlicher ve ark., 1996). Termal siklus uygulamasının mikrosızıntıya olan etkisi; uygulanan ısı aralığı, siklusun sayısı ve süresi, restorasyonlu dişlerin bu işlem öncesinde bekletilme süresine göre değişmektedir. Termal siklus işlemi 5 – 55 °C arasında 50 ile 30 000 arasında olacak

şekilde farklı sayıda uygulanabilmesine rağmen ISO en az 500 döngüyü tavsiye etmektedir (ISO Dental materials, 2003). Termal siklus sayısı 6000 olduğunda fizyolojik koşullarda 5 yıllık yaşlandırmaya tekabül ettiği belirtilmiştir (Probster ve ark., 1996; Leibrock ve ark., 1999). Daha uzun süreli ağız ortamını taklit edebilmek için çalışmamızda termal siklus 6000 devir yapılmıştır.

Mikrosızıntı sonuçlarını değerlendirmede farklı boya penetrasyon yöntemleri kullanılmaktadır (Taylor ve Lynch, 1992). Hanks ve ark. (1994), yaptığı çalışmada bazik fuksin ve metilen mavisi boyalarının mikrosızıntı belirleme açısından en doğru ajanlar olduğunu bildirmiştir. Ayrıca örneklerin boya içerisinde önerilen bekletilme süresi kullanılan boya penetrasyon ajanının tipine bakılmaksızın ISO tarafından 24 saat olarak belirlenmiştir. Bu nedenle çalışmamızda dişler %2'lik metilen mavisi içerisinde 24 saat süresince bekletilmiştir.

Birçok mikrosızıntı çalışmasında sızıntı seviyeleri skorlama yöntemiyle belirlenmiştir (Singla ve ark., 2012; Diwanji ve ark., 2014; Pavuluri ve ark., 2014). Sızıntı seviyesi birden fazla araştırmacı tarafından skorlama şeklinde değerlendirildiğinde elde edilen sonuçların %10 - 20 oranında birbirlerinden farklı olduğu görülmüştür. Hatta örnekler aynı araştırmacı tarafından tekrar değerlendirildiğinde %4 oranında ilk bulunduğu sonuçlara göre farklı sonuçların elde edildiği görülmüştür (Heintze ve ark., 2009). Skorlama sisteminin bu dezavantajlarından dolayı, çalışmamızda mikrosızıntı uzunluğunu milimetrik olarak ölçerek objektif sonuçlar veren Imagej programı kullanılarak elde edilmiştir.

5.2. Isı Uygulanmasının Tartışması

Yapılan literatür incelemesinde ısı uygulamasının farklı cam iyonomer simanların mekanik direncini nasıl etkilediğine dair birçok araştırma bulunsa da (Woolford, 1994; Gu ve Fu, 2004; Kleverlaan ve ark., 2004; Marotti ve ark., 2010; Molina ve ark., 2013) ısı uygulamasının cam iyonomer simanların mikrosızıntısı üzerine olan etkisini değerlendiren çalışma sayısı sınırlıdır (Gorseta ve ark., 2012).

Geleneksel cam iyonomer simanların mekanik özelliklerini arttırmak için ısı uygulaması ilk kez 1994 yılında yapılmıştır (Woolford, 1994). Isı kaynağı olarak halojen ışık kaynağı ile kızılötesi ışık kullanılan bu çalışmada ısı uygulama süresi en az bir dakika olduğunda reaksiyonda hızlanma ve buna bağlı olarak yüzey sertliğinde

artış tespit edilmiştir. Çalışmada her iki ışık kaynağı bir dakika süreyle uygulandığında halojen ışık kaynağı ile 60°C'ye, kızılötesi ışık ile 80°C'ye ulaşıldığı ve kızılötesi ışıkla oluşan yüzey sertliği değerlerinin halojen ışık kaynağıyla elde edilen yüzey sertliğine göre daha fazla bulunduğu rapor edilmiştir (Woolford, 1994).

Cam iyonomer simanlara ısı uygulanması amacıyla; yüksek enerjili LED ışık kaynakları, halojen lambalar, ultrasonik kaynaklar (Vandewalle ve ark., 2005; Fagundes ve ark., 2006) veya kızılötesi ışık kaynakları kullanılmıştır (Woolford, 1994). Çalışmamızda ısı kaynağı olarak yüksek enerjili ışık kaynağı olan VALO LED'in 1400 mW/cm² gücünde ışık veren Grade 2 modu kullanılmıştır.

Woolford; ısının sertleşme üzerine olan etkisini, daha aktif yapıdaki polialkenoik asit oluşumuyla ilişkili olduğunu bildirmiştir (Woolford, 1994). Isı uygulamasıyla polialkenoik asit, cam iyonomer tozundaki cam partiküllerinin yüzeyini daha kolay değiştirebilir ve böylece cam partiküllerinden salınan ve filtre olan iyonların oranı artmaktadır. Bu durum simanda daha reaktif asit oluşmasını ve daha yüksek oranda iyon salınımını sağlamakta ve sertleşme reaksiyonunu hızlandırmaktadır (Woolford, 1994). Isı uygulamasıyla salınan farklı iyonların difüzyon miktarları da artmaktadır. Bütün bu reaksiyonların hızlanmasıyla cam iyonomer simanların özellikle yüzeyinde sertleşmenin daha hızlı gerçekleşeceği bildirilmiştir (Woolford, 1994).

Çalışmamızın bulguları dikkate alındığında her bir restoratif cam iyonomerin kendi içinde bölgeye göre ortalama mikrosızıntı değerleri karşılaştırıldığında; okluzal ve gingival bölge arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0,001). Tüm restoratif cam iyonomerlerde en yüksek ortalama mikrosızıntı değeri gingival bölgede tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Bu durum servikal alanda mine prizmalarının yönünün farklı olması ve mine kalınlığının bu alanda az olmasına bağlı olarak artan dentin derinliği ve tübül sayısı ile ilişkili olabilir.

Kleverlaan ve ark. (2004); teflon kalıplar kullanarak 4 farklı cam iyonomer simana (Fuji IX FAST, Fuji IX, Ketac Molar Quick ve Ketac Molar) 3 farklı yöntem (standart, ultrasonik uyarı ve eksternal ışık kaynakları) ile ısı uygulamasının, simanların mekanik özelliklerine olan etkilerini araştırmışlardır. Tüm gruplarda genel olarak cam iyonomerlerin dayanımında sırasıyla standart, ultrasonik uyarı ve ısı uygulanmasına doğru artış görüldüğünü, özellikle Fuji IX FAST ve Ketac Molar'ın ultrasonik uyarı

ve ısı uygulamasıyla standart uygulamaya göre basma dayanımında artış tespit edildiğini belirtmişlerdir. Deneyin 28. dakikasında Fuji IX FAST'ın mekanik dayanıklılığında artış görülmektedir. Sonuç olarak, bu çalışmada ısı uygulanmasının artmasıyla tüm cam iyonomer simanların mekanik dayanıklılığında artış tespit edilmiştir. Restorasyonların erken safhada mekanik özelliklerinin artması cam iyonomer simanların klinik başarısını arttırabileceğinden, cam iyonomerlere ısı uygulamanın faydalı olacağını bildirmişlerdir (Kleverlaan ve ark, 2004). Çalışmamızın bulgularına göre her bir restoratif cam iyonomerin kendi içinde ısı uygulamasına göre ortalama mikrosızıntı değerleri karşılaştırıldığında; hem okluzal hem de gingival bölgede istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Bununla birlikte, okluzal bölgede cam karbomer (GCP Glass Fill) hariç diğer tüm restoratif cam iyonomerlerde, gingival bölgede ise yüksek viskoziteli cam iyonomer (GC EQUIA Fil) hariç, diğer tüm restoratif cam iyonomerlerde 60 s ısı uygulaması yapıldığında mikrosızıntı değerlerinde kontrol grubuna göre bir düşüş tespit edilmiştir (Tablo 4.2). Mikrosızıntının azaltılması cam iyonomerlerin klinik başarısının artması açısından önemli bir parametre olduğu için, çalışmamızın bulguları Kleverlaan ve ark. tarafından bildirilen ısı uygulamasının cam iyonomerlerin klinik başarısını arttırabileceği düşüncesini desteklemektedir.

Yüksek yoğunlukta eksternal enerji kaynaklarının kullanımıyla cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonunun başlangıç evrelerinde dış yüzey tabakasındaki sertlikte artış olmaktadır (O'Brien ve ark., 2010). Bu sayede erken evrede ısı uygulamasıyla cam iyonomer simanların sertleşme sırasında neme olan duyarlılıklarını azaltabilmektedir (Gorseta ve ark., 2012). Bu durumun mikrosızıntıyı azaltmada etkili mekanizmalardan biri olduğunu düşünmekteyiz.

Isı uygulamasıyla materyal içerisinde moleküler kinetik enerji artar ve böylece sertleşme sırasında moleküllerin yeniden düzenlenmesi sağlanır (Ferrari ve Davidson, 1997). Cam iyonomer simanlara ısı uygulandığında mikrosızıntıda önemli derecede azalma, diş dokusunda artmış marjinal adaptasyon ve adezyon tespit edilmiştir (Gorseta ve ark., 2012). Marjinal adaptasyon ve adezyonda görülen bu artış ısı uygulamasının mikrosızıntıyı azaltmada nasıl etkili olduğunu açıklayabilir. Bir başka çalışmada ise geleneksel cam iyonomer siman olan GC Fuji IX'a ısı uygulamasıyla

partiküllerin yaklaşarak birleştiği, böylece partikül boyutlarında artış olduğu görülmüştür (Gu ve Fu, 2004).

Gorseta ve ark. (2009); çekilmiş insan dişlerinin bukkal ve lingual yüzeylerine sınıf V kaviteleler açıp Cam Karbomer ve GC EQUIA Fil ile restore etmişlerdir. Restorasyonlara eksternal ısı kaynağı (Bluephase 16i, Ivoclar Vivadent) ile ilave 40 s süreyle ısı uygulanmıştır. Tüm örneklere 1800 kez termal siklus uygulaması yapıp mikrosızıntı sonuçları değerlendirildiğinde ısı uygulaması yapılan Cam Karbomer grubunda GC EQUIA Fil gruplarına göre daha düşük mikrosızıntı değerleri görülmesine rağmen tüm test edilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Gorseta ve ark.'nın (2009) cam karbomer ve GC EQUIA Fil restorasyonlara ısı uygulanmasıyla mikrosızıntı değerlerinde görülen fakat istatistiksel olarak anlamlı olmayan düşüş çalışmamızla uyumludur. Bu çalışmadan farklı olarak bizim çalışmamızda GC EQUIA Fil, GCP Glass Fill'e göre istatistiksel olarak anlamlı oranda düşük bulunmuştur. Bu farklılık uygulanan ısı kaynaklarının ve uygulama yöntemlerinin farklılığı ile açıklanabilir.

Wagner ve ark. (2008), ısı uygulamasının kompozit rezinlerin mikrosızıntısı üzerine etkisini değerlendirdiği çalışmada çekilmiş 3. molar dişlere sınıf II kaviteleler açarak tüm kaviteleleri Esthet-X kompozit ve Prime & Bond ile restore etmişlerdir. Isı eksternal olarak Calset unit ile uygulanmıştır. Çalışmada 1. grup kontrol, 2. grupta diğer gruplardan farklı olarak kaide olarak Esthet-X Flow liner ve üzerine Esthet-X kompozit yapılmış olup bu gruba herhangi bir ısı uygulaması yapılmamıştır. 3. grupta kompozitin kaviteye yerleştirilmesinin ardından hemen ısı uygulaması yapılmıştır. 4. grupta ise 15 s gecikme ile ısı uygulaması yapılmıştır. Mikrosızıntı seviyeleri değerlendirildiğinde, okluzal bölgede gruplar arasında istatistiksel olarak fark olmadığı, gingival bölgede ise en az mikrosızıntının restorasyonun yerleştirilmesinin ardından ısı uygulaması yapılan 3. grupta elde edildiği, Esthet-X Flow liner ile kaide uygulamasının mikrosızıntıyı azaltmada 3. grup kadar etkili olmadığı görülmüştür. Çalışmamızda rezin içerikli GC Fuji II LC'ye ısı uygulanmasıyla mikrosızıntı değerlerinde azalma olsa da, aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır. Bu farklılık GC Fuji II LC'nin kompozitlerle kıyaslandığında daha az oranda rezin içermesine, kullanılan yöntemler ve ısı cihazlarının farklılığı ile açıklanabilir.

Yoshioka ve ark. (2016), süt kanin dişlerin restorasyonu için GC Fuji IX ve Maxxion R kullanıp, halojen ışık kaynağı ile 60 s ısı uygulanan 4 deney grubu oluşturarak bir çalışma yapmışlardır. SEM görüntülerinde halojen ışık kaynağının uygulandığı her iki restoratif materyalde de porözitelerin boyutunda ve miktarında azalma görüldüğü bildirilmiştir.

Menne-Happ ve Ilie (2014), farklı cam iyonomer simanlara (ChemFil Rock, Riva Self Cure, Fuji IX GP Fast, GC EQUIA Fil ve Ketac Molar Aplicap) ısı uygulamasının materyalin mekanik özelliklerini uzun dönemde nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Bunun için hazır kalıplara yapılan restorasyon uygulamalarından sonra örnekler 3 gruba ayrılıp standart, LED ışık kaynağıyla 20 s ve 60 s olacak şekilde ısı uygulaması yapılmıştır. Örneklerin 1 hafta, 1 ay ve 3 ay sonra Vickers sertlik değeri ve elastiklik modülü incelenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde Fuji IX GP Fast'ın en yüksek Vickers sertlik değerlerine, Ketac Molar Aplicap'ın en yüksek elastiklik modülü değerlerine ulaştığı görülmüştür. ChemFil Rock ve GC EQUIA Fil'de ise Vickers sertlik değeri ve elastiklik modülünde artış görülse bile ChemFil Rock, Fuji IX GP Fast ve GC EQUIA Fil materyallerine ısı uygulamasının mekanik özellikler üzerine herhangi bir etkisinin olmadığını bulmuşlardır.

Karaarslan ve ark. (2012), daimi molar dişlerde 2 farklı şekilde Er:YAG lazer ve hava soğutması altında elmas frezle sınıf V kavite açıp kompozit rezin (Clearfil Majesty Posterior) ile restore etmişlerdir. Ardından açılan kavite ısı uygulamasına göre 4 farklı gruba (1. grup kontrol, 2. grup 37 °C ısı uygulaması, 3. grup 54 °C ısı uygulaması ve 4. grup 68 °C ısı uygulaması) ayrılmıştır. Mikrosızıntı sonuçları değerlendirildiğinde Er:YAG lazer ve elmas frezle açılmış kavite arasında ve farklı derecelerde ısı uygulaması yapılmış gruplar arasında mikrosızıntı bakımından istatistiksel olarak herhangi bir fark olmadığı görülmüştür. Karaarslan ve ark.'nın çalışmasından farklı olarak çalışmamızda farklı tipte cam iyonomerler ve sabit ısıda farklı ısı uygulama süreleri kullanılmıştır.

Molina ve ark. (2013), 4 farklı cam iyonomer simanı (Fuji 9 Gold Label, Ketac Molar Easymix, ChemFil Rock ve GC EQUIA Fil) ısı uygulaması yapılmayan, 30 s ve 60 s ısı uygulanan üç deney grubu oluşturarak bir çalışma yapmışlardır. 30 ve 60 s ısı uygulanması ile biaksiyel eğilme direnci bakımından en yüksek direncin GC

EQUIA Fil ve ChemFil Rock materyallerinde bulunduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda da GC EQUIA Fil diğer cam iyonomerlere göre daha düşük mikrosızıntı değerleri göstermiştir.

5.3. Restoratif Materyallerin Tartışılması

Restoratif materyallerin mikrosızıntısı ile ilgili yapılan çalışmalarda Sınıf V kaviteler kullanıldığında, sıklıkla mikrosızıntı gingival bölgede okluzal bölgeye göre daha fazla bulunmuştur (Altun ve ark., 2008; Bağlar ve ark., 2010). Mikrosızıntının bu bölgede daha fazla olmasının sebebi dentin dokusunun yapısıyla bağlantılıdır (Arısu ve ark., 2008). Ayrıca servikal alanda mine kalınlığı az olduğu için bu bölgede dentin derinliği ve tübül sayısı artar. Pulpa odasına yaklaştıkça intertübüler dentin miktarında azalma görülür bu da rezin - dentin bağlanmasında önemli role sahip intertübüler bölgede bağlanmanın zayıflamasına neden olur (Li ve ark., 2006). Dentinin organik içeriğinin fazla olması, tübüller ve içinde bulunan odontoblastik uzantılar ve dentin lenfi sebebiyle bu dokunun adezyonunu zorlaştırmaktadır (Arısu ve ark., 2008). Çalışmamızda da mine-sement sınırının 1 mm kuralinde olacak şekilde sınıf V kaviteler hazırlansa bile tüm restoratif cam iyonomerlerde gingival bölgede okluzal bölgeye göre daha fazla mikrosızıntı tespit edilmiştir. Bu durum belirtilen morfolojik farklılıklar ile açıklanabilir.

Bu çalışmada hem okluzal ve hem de gingival bölgede genel mikrosızıntı değerleri incelendiğinde en düşük mikrosızıntı yüksek viskoziteli cam iyonomerde (GC EQUIA Fil) elde edilirken ($p < 0,001$), diğer cam iyonomerler arasında istatistiksel olarak herhangi bir anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p > 0,05$). Bu durum GC EQUIA Fil materyalinde, geleneksel cam iyonomer simanlara göre sertleşme reaksiyonlarının daha hızlı olması ve artmış toz:likit oranı ile ilişkili olabilir. GC EQUIA Fil'de RMCİS'ler gibi polimerizasyon büzülmesi görülmez ve bu materyalin cam karbomerlere göre daha düşük mikrosızıntı göstermesi kondisyoner amacıyla kullanılan asit uygulamasıyla ilişkili olabilir.

5.3.1. Geleneksel Cam İyonomerin (GC Fuji IX) Tartışılması

GC Fuji IX; flor içermesi, diş dokularına herhangi bir ajana ihtiyaç duymadan bağlanabilmesi, yeterli dayanım gösterebilmesi, tek seansta bitim ve polisaj

işlemlerinin tamamlanabilmesi nedeniyle özellikle çocuk hastalarda kullanım kolaylığı sağlamaktadır (Singla ve ark., 2012).

Birçok araştırmacı (Castol ve Feigal,2001; Pavuluri ve ark.,2014; Diwanji ve ark., 2014) GC Fuji IX materyali ile farklı RMCİS'lerin mikrosızıntı düzeylerini karşılaştırmışlar ve çalışmamızın bulguları ile uyumlu olarak GC Fuji IX ile farklı RMCİS tipleri arasında mikrosızıntı bakımından istatistiksel olarak herhangi bir farklılık bulamamışlardır.

Pavuluri ve ark (2014), çürüklü mandibuler birinci molar dişlerde geleneksel ve kemomekanik yöntemle (Carisolv kullanılarak) çürüğün temizlenmesinin ardından sınıf I kaviteleri GC Fuji IX ve RMCİS (Ketac Nano) ile restore etmişler ve mikrosızıntı değerlerini karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak hem geleneksel hem de kemomekanik yöntemlerin ardından yapılan GC Fuji IX ve Ketac Nano restorasyonların mikrosızıntısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulamamışlardır.

Castol ve Feigal (2001), çekilmiş insan premolar ve süt molar dişleri üzerinde premolar dişlerin bukkal ve lingual yüzeylerin tam ortasına, süt molar dişlerin ise meziobukkal, distobukkal, meziolingual ve distolingual yüzeylerine 3 mm çapında 1 mm derinliğinde yuvarlak şekilli kaviteler açıp farklı tip cam iyonomer simanlar ile kompozit rezinin mikrosızıntısını değerlendirmişlerdir. Geleneksel cam iyonomer olarak GC Fuji IX (kondisyoner ile ve kondisyoner kullanmadan) ve GC Fuji II, RMCİS olarak Vitremer ve kompozit rezin olarak TPH kullanmışlardır. Mikrosızıntı değerleri karşılaştırıldığında geleneksel cam iyonomer siman olan Fuji II grubunda en fazla mikrosızıntı olduğu, GC Fuji IX'a kondisyoner uygulaması yapıldığında Vitremer ve TPH'a yakın mikrosızıntı değerleri bulunduğunu rapor etmişlerdir.

Diwanji ve ark. (2014), çürüksüz daimi premolar dişlerde sınıf I ve sınıf V kaviteleri GC Fuji IX, GC Fuji II LC ve bir nanoiyonmer olan Ketac N100 ile restore etmişler ve mikrosızıntı değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak tüm restoratif materyallerde mikrosızıntı bulunmuştur. Sınıf I ve sınıf V restorasyonlar içerisinde en yüksek mikrosızıntı GC Fuji IX grubunda görülürken, en düşük mikrosızıntı Ketac N100 materyalinde tespit edilmiştir. Sınıf I restorasyonlarda GC Fuji II LC ve Ketac N100 arasında herhangi bir fark bulunmazken, sınıf V restorasyonlarda ise GC Fuji II

LC ve GC Fuji IX arasında istatistiksel olarak herhangi bir fark bulunamamıştır. Çalışmamızda da sınıf V restorasyonda genel mikrosızıntı değerlerine bakıldığında tüm restoratif cam iyonomerlerde mikrosızıntı tespit edilmiş, bununla birlikte GC Fuji II LC, GC Fuji IX ve GCP Glass Fill arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Bulgularımız Diwanji ve ark.'ın (2014) bulguları ile uyumludur (Tablo 4.1).

Singla ve ark. (2012), çürüksüz süt ve daimi azı dişlerinde sınıf I kavitelere GC Fuji IX, GC Fuji II LC, GC Fuji VII cam iyonomerler ve Dyract kompozitlerin mikrosızıntı değerlerini karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak; süt ve daimi azı dişlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığını, bununla birlikte mikrosızıntı bakımından en iyi sonuçların sırasıyla; GC Fuji VII \geq GC Fuji II LC \geq Dyract $>$ GC Fuji IX $>$ kontrol grubu şeklinde tespit edildiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda ise yüksek viskoziteli cam iyonomer hariç ($p<0,001$), diğer cam iyonomerler arasında genel mikrosızıntı değerleri için istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Rekha ve ark. (2012); çürüksüz süt azı dişlerinde sınıf II kavitelere GC Fuji IX, GC Fuji II LC ve bir kompozit olan Compoglass'ın mikrosızıntı seviyelerini karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak en yüksek mikrosızıntı GC Fuji IX ve Compoglass materyalinde görülürken, en düşük mikrosızıntı GC Fuji II LC'de tespit edilmiştir. Araştırmacıların sonuçları ile bulgularımız arasındaki uyumsuzluk, çalışmamızda sadece süt dişi kullanılmış olması, kavite tipinin farklı olması ve termal siklus uygulamasının 6000 kez yapılmış olması gibi deneysel düzenden kaynaklanan farklılıklardan kaynaklanmış olabilir.

5.3.2. Rezin Modifiye Cam İyonomerin (GC Fuji II LC) Tartışılması

Chuang ve ark. (2001), daimi molar dişlerde sınıf V kavitelere GC Fuji II LC'nin mikrosızıntısı üzerine farklı yüzey örtücülerin (yüzey örtücü yok, Fuji vernik, rezin adeziv, %35'lik fosforik asit sonrası rezin adeziv) etkisini değerlendirmişlerdir. Mikrosızıntı sonuçları değerlendirildiğinde tüm restorasyonlarda sızıntının olduğunu, en düşük mikrosızıntının rezin adeziv ve Fuji vernik uygulanan örneklerde görüldüğünü, en yüksek sızıntının ise fosforik asit sonrası rezin adeziv uygulanan örneklerde olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda ise yüzey örtücü olarak üretici

firmanın önerileri doğrultusunda GC Fuji IX, Fuji II LC ve EQUIA Fil materyallerine 20 s G-Coat Plus uygulaması yapılmıştır.

Chuang ve ark. (2000), çekilmiş insan dişlerinde sınıf V kavitelere 4 farklı materyalin mikrosızıntısını karşılaştırmışlardır. Çalışmada rezin modifiye cam iyonomer olarak GC Fuji II LC ve Vitremer, kompozit olarak Dyract ve geleneksel cam iyonomer olarak GC Fuji II kullanılmıştır. Sonuç olarak, mine marjinde istatistiksel olarak en az GC Fuji II materyalinde sızıntı olduğunu, bunu sırayla GC Fuji II LC, Vitremer ve Dyract materyallerinin izlediği tespit edilmiştir. Marjin dentinde sonlandığında ise en çok GC Fuji II materyalinde sızıntı olduğunu, diğer restoratif materyallerde mikrosızıntı açısından herhangi bir fark olmadığını rapor etmişlerdir. Çalışmamızda ise hem okluzal hem de gingivalde genel mikrosızıntı değerleri karşılaştırıldığında geleneksel cam iyonomer (GC Fuji IX) ve RMCİS (GC Fuji II LC) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Bulgular arasındaki uyumsuzluk, çalışmamızda kullanılan deneysel düzenekten kaynaklanan farklılıklardan kaynaklanmış olabilir.

Masih ve ark. (2011), 10 - 16 yaşlar arasındaki çocukların süt azı dişlerine sınıf V kavitelere GC Fuji IX ve GC Fuji II LC ile restore etmişler, 4 hafta sonra bu dişleri çekerek mikrosızıntılarını karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak GC Fuji II LC'de istatistiksel olarak daha fazla mikrosızıntı görüldüğünü, bu durumun materyalde görülen polimerizasyon büzülmesi ile açıklanabileceğini belirtmişlerdir.

Gupta ve ark. (2012), çekilmiş insan molar dişlerinde sınıf V kavitelere GC Fuji II, GC Fuji II LC ve Ketac N 100'ün mikrosızıntılarını karşılaştırmışlardır. Tüm restoratif materyallerde mikrosızıntı olduğu, okluzal bölgede sızıntı açısından restoratif materyaller arasında herhangi bir fark bulunmadığı rapor edilmiştir. Gingival bölgede ise Ketac N100'de GC Fuji II ve GC Fuji II LC'ye göre daha az mikrosızıntı tespit edilmiştir. Gupta ve ark.'nın (2012) çalışmasından farklı olarak, çalışmamızda hem gingival hem okluzal bölgede GC EQUIA Fil materyalinde en düşük mikrosızıntının olduğu ve GC Fuji II LC, GC Fuji IX ve GCP Glass Fill materyalleri arasında herhangi bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu durum GC Fuji II LC'nin sertleşmesi sırasında gösterdiği polimerizasyon büzülmesi ile ilişkili olabilir.

Bollu ve ark.(2016), premolar dişlerde sınıf V kavitelere GC Fuji II LC, Ketac N100 ve Giomer'in mikrosızıntısını karşılamışlardır. İstatistiksel sonuçlar değerlendirildiğinde Ketac N100 ve GC Fuji II LC'de Giomer'e göre istatistiksel olarak önemli derecede daha az mikrosızıntı izlendiği, Ketac N100 ve GC Fuji II LC arasında ise bir fark olmadığı bulunmuştur. Çalışmamızda ise GC EQUIA Fil materyalinde GC Fuji II LC materyeline göre daha düşük mikrosızıntı bulunmuştur. Bu durum yüksek viskoziteli cam iyonomer siman olan GC EQUIA Fil materyalinin adezyon özelliklerinin gelişmiş olması, kuru ve nemli ortamlara karşı daha az duyarlılık göstermesi ile ilişkili olabilir.

5.3.3. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomerin (GC EQUIA Fil) Tartışılması

Cam iyonomer simanların olumsuz özelliklerini ortadan kaldırmak için 2007 yılında yüksek viskoziteli cam iyonomer siman olarak, GC firması tarafından GC EQUIA Fil (GC Europe, Leuven, Belgium) üretilmiştir. Bu restoratif materyalin avantajları; adezyonun herhangi bir ışık kaynağına ihtiyaç duyulmadan gerçekleşmesi, bulk-fill tekniğiyle uygulanması, gelişmiş mekanik özelliklere sahip olmasıdır. Bu restoratif simanlarda yüzey örtücü olarak nano dolduruculu, ışıkla sertleşen vernik (G-Coat Plus) kullanılmaktadır. Bu vernikler, simanın erken maturasyon evresinde ağız ortamına karşı koruyucu bir görev görür. Böylece restoratif materyalin fiziksel özelliklerinde ve yüzey sertliğinde artış görülmektedir (Kato ve ark., 2008).

Gorseta ve ark (2012), ultrasonik uyarılar ve ısı uygulamasının farklı cam iyonomer simanların mikrosızıntısı üzerine etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışmada çekilmiş insan dişlerinde sınıf V kavitelere dört farklı restoratif materyal (Ionofil Molar, GC EQUIA Fil, GC Fuji VII ve Meagacem) kullanılmıştır. Her restoratif materyal 3 gruba ayrılıp birinci grupta standart uygulama, ikinci gruba KaVo SONICflex ile 40 s ultrasonik uyarıların uygulaması ve üçüncü gruba standart modda (1200 mW/cm²) Elipar Highlight (3M ESPE Dental Products, Seefeld, Germany) ile 40 s boyunca ısı uygulaması yapılmıştır. Ayrıca, bu çalışmada iki farklı kondisyoner (%10 poliakrilik asit ve %10 sitrik asit) uygulamasının mikrosızıntıya olan etkisi değerlendirilmiştir. Mikrosızıntı sonuçları değerlendirildiğinde sertleşme sırasında ısı uygulamasının tüm gruplarda mikrosızıntıyı istatistiksel olarak önemli derecede azalttığı, farklı cam iyonomer simanların marjinal adaptasyonunu arttırdığı ve klinikte

ısı uygulamanın mikrosızıntının azaltılması için faydalı olacağı rapor edilmiştir. Kondisyoner olarak %10 poliakrilik asit uygulanmasının marjinal mikrosızıntıyı önemli derecede azalttığı ve kondisyoner uygulamasıyla mikrosızıntıda en belirgin azalmanın GC Fuji VII ve Megacem'de olduğu görülmüştür. Cam iyonomer simanlarda en düşük mikrosızıntı değerlerine, asit uygulaması ve restorasyonların sertleşmesi sırasında ısı uygulamasıyla ulaşıp GC EQUIA Fil'e kondisyoner ve ısı uygulandığında en iyi marjinal adaptasyonun sağlandığı gösterilmiştir. Çalışmamızda da Gorseta ve ark.'nın (2012) çalışmasına benzer olarak cam iyonomer simanlara ısı uygulaması ile istatistiksel olarak anlamlı olmasa bile mikrosızıntı değerlerinde azalma görülmüştür.

Mazaheri ve ark. (2015), süt kanin dişlerinde sınıf V kavitelerde farklı tip kondisyoner uygulamalarının GC EQUIA Fil'in mikrosızıntısına olan etkilerini değerlendirmişlerdir. Kondisyoner işlemi olarak birinci grupta herhangi bir asitleme işlemi yapılmayan kontrol grubu ve diğer gruplarda ayrı ayrı olarak %20'lik akrilik asit, %35'lik fosforik asit, %12'lik sitrik asit ve %17'lik EDTA ajanlarından sadece biri uygulanmıştır. İstatistiksel olarak mikrosızıntı değerlendirmesi yapıldığında örneklerin gingival ve okluzal marjinlerinin ortalaması bakımından gruplar arasında fark bulunmamıştır. Farklı gruplar arasında ortalama mikrosızıntı değerleri kıyaslandığında en iyi kimyasal ve mikromekanik adezyona %20'lik akrilik asit ve %17'lik EDTA uygulamasıyla ulaşıldığı görülmüştür. Çalışmamızda ise genel ortalama mikrosızıntı değerlerine bakıldığında her restoratif materyalde okluzal ve gingival bölgede mikrosızıntı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiş, en fazla sızıntının gingival bölgede olduğu bulunmuştur. Bu duruma çalışmamızda kullanılan üretici firmanın önerdiği GC kavite kondisyoner kullanımı katkıda bulunmuş olabilir.

Vaid ve ark. (2015), yaşları 20 ile 60 arasında değişen kavite derinliği 1 - 3 mm arasında olan 29 hasta üzerinde çürüksüz servikal lezyonlu dişleri GC EQUIA Fil, GC Gold Label (rezin modifiye cam iyonomer siman) ve Tetric-N-Ceram starter kit (nanohibrit kompozit) ile restore etmişler, 1 ay, 6 ay ve 12 aylık takiplerde materyallerin klinik performansları bakımından herhangi bir farklılık bulunmadığını bildirmişlerdir. Gurgan ve ark. (2015), in vivo bir çalışmada 140 lezyonlu dişin 80'inde sınıf I kaviteyi ve 60'ında sınıf II kaviteyi GC EQUIA Fil ve mikrofil

kompozit olan Gradia Direct Posterior ile restore etmişlerdir. 4 yıllık takip sonucunda restorasyonların hiçbirinde sekonder çürük, postoperatif hassasiyet ve anatomik formda bozulma görülmemiştir. 4 yıllık takip sonucunda sınıf I ve sınıf II kavitelere yapılan restorasyonlarda her iki restoratif materyal de klinik olarak başarılı olup benzer sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmamızda genel ortalama mikrosızıntı değerleri kıyaslandığında hem okluzal hem de gingival bölgede en az mikrosızıntı GC EQUIA Fil restoratif materyalinde elde edilmiştir. GC EQUIA Fil'in neden klinik olarak başarılı olduğu, daha az mikrosızıntı göstermesi ile açıklanabilir.

5.3.4. Cam Karbomerin (GCP Glass Fill) Tartışılması

Cam iyonomer simanlarda restorasyonun tamamlanmasının ardından yüzey örtücü uygulaması materyalin su absorpsiyonunu, çözünürlüğünü aynı zamanda restoratif materyalin yüzeyinden kalsiyum ve alüminyum gibi iyonların salınımını durdurarak dolgudaki yüzey pürüzlülüğünün artmasına engel olur. Böylece restorasyonun etrafında plak birikimi, buna bağlı olarak da sekonder çürük oluşumunun önüne geçilmiş olur (Berg, 2002). Bu çalışmada da restorasyonların bitim işlemlerinden sonra üretici firmanın önerileri doğrultusunda yüzey örtücü yapılmış olup cam karbomer restorasyonlarda yüzey örtücü olarak gloss uygulanmıştır.

Cam karbomer restorasyonlarda yüzey örtücü olarak gloss uygulanması geleneksel cam iyonomer simanlarda rezin bazlı yüzey örtücü uygulanmasına göre daha etkili sızdırmazlık sağlar (Cehreli ve ark., 2013).

Cam iyonomer simanlar diş dokularına kimyasal bağlandığından adeziv sistemlere ihtiyaç duyulmamaktadır. Fakat kavite yüzeylerine kısa süreli polialkenoik asit ile muamele edilmesiyle smear tabakasını uzaklaştırıp 0,5 µm derinlikte kolajen fibrilleri açığa çıkarılacağı için önerilmektedir (Yesilyurt ve ark., 2008). Bu çalışmada da üretici firmanın önerileri dikkate alınarak GC Fuji IX, GC Fuji II LC ve GC EQUIA Fil uygulanmadan önce kavite kondisyoner uygulaması yapılmıştır. Cam karbomerlerde ise kavite kondisyoner kullanılmamıştır. Bu durum GCP Glass Fill'de mikrosızıntının diğer restoratif cam iyonomerlerden daha fazla olmasına katkıda bulunmuş olabilir.

Cehreli ve ark. (2013); süt azı dişlerinde sınıf I kaviteyi yüzey örtücü kullanılmadan geleneksel cam iyonomer siman (Ionofil U), yüzey örtücü uygulanarak

Ionofil U, yüzey örtücü uygulanmadan yapılan cam karbomer, yüzey örtücü uygulanarak yapılan cam karbomer ve Dyract kompomere ile restore etmişlerdir. Mikrosızıntı sonuçları değerlendirildiğinde bütün restorasyonlarda sızıntı olduğu, en fazla sızıntının yüzey örtücü uygulanmayan cam karbomerde görüldüğü, bunu yüzey örtücü uygulanmayan Ionofil U'nun izlediği ve mikrosızıntı sonuçları bakımından yüzey örtücü uygulanan Ionofil U'da yüzey örtücünün uygulandığı cam karbomer ve kompomere göre daha yüksek değerler görülse bile bu 3 grup arasında istatistiksel olarak herhangi bir fark olmadığı bildirilmiştir.

Çalışmamızda yüzey örtücü tüm cam iyonomerlerde uygulanmıştır. En yüksek mikrosızıntı okluzalde cam karbomerde, gingivalde ise geleneksel cam iyonomerde bulunsa bile yüksek viskoziteli cam iyonomer hariç ($p<0,001$), diğer restoratif cam iyonomerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0,05$).

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Farklı tipteki restoratif cam iyonomer simanların mikrosızıntısının karşılaştırıldığı ve ısı uygulamanın mikrosızıntı üzerine olan etkisinin değerlendirildiği bu in vitro çalışmanın sınırları dahilinde şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- 1- Tüm restoratif cam iyonomerlerde mikrosızıntı bulunmuştur.
- 2- Restoratif cam iyonomerler arasında hem okluzal hem de gingival bölgede en az mikrosızıntı GC EQUIA Fil materyalinde olup, GC Fuji IX, GC Fuji II LC ve GCP Glass Fill materyallerinde benzer sonuçlar elde edilmiştir.
- 3- Her bir restoratif cam iyonomerin kendi içerisinde ısı uygulamasına göre ortalama mikrosızıntı değerleri karşılaştırıldığında; hem okluzal hem de gingival bölgede istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Ayrıca okluzal bölgede cam karbomer (GCP Glass Fill) hariç, diğer tüm restoratif cam iyonomerlerde, gingival bölgede ise yüksek viskoziteli cam iyonomer (GC EQUIA Fil) hariç, diğer tüm restoratif cam iyonomerlerde 60 s ısı uygulaması yapıldığında mikrosızıntı değerlerinde kontrol grubuna göre bir düşüş tespit edilmiştir.
- 4- Mikrosızıntı değerlerinde en belirgin düşüş 60 s ısı uygulamasıyla elde edilmiştir.
- 5- Tüm restoratif cam iyonomerler ısı uygulama grupları içerisinde bölgelere göre karşılaştırıldığında; okluzal ve gingival bölge arasında genellikle istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Tüm restoratif cam iyonomerlerde en yüksek ortalama mikrosızıntı değeri gingival bölgede tespit edilmiştir.
- 6- Yüksek viskoziteli cam iyonomer olan GC EQUIA Fil materyalinde mikrosızıntının diğer restoratif materyallere göre düşük bulunması nedeniyle özellikle çocuk diş hekimliğinde bu restoratif materyalin tercih edilmesini önermekteyiz.
- 7- Isı uygulaması istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yaratmasa bile cam iyonomer simanların mikrosızıntısını azaltmada etkili bir yöntemdir.

Sonuç olarak, cam iyonmer restoratif materyallerin klinik başarısını önemli derecede etkileyen faktörlerden biri olan mikrosızıntı, restoratif uygulamaların hemen ardından ısı uygulamasıyla azalmaktadır. Bu nedenle, özellikle ocuk diş hekimliğinde sık kullanılan materyaller olan cam iyonmer simanların uygulanmasının ardından 60 s ısı uygulanmasıyla mikrosızıntıda görülen azalmaya bağlı olarak restorasyonların klinik başarısının artacağını düşünmekteyiz. Bununla birlikte, yapılacak daha ileri klinik çalışmalar ile ısı uygulamasının cam iyonmerlerin klinik başarısı üzerindeki uzun dönem etkinliği belirlenmelidir.



7. KAYNAKLAR

Abdalla A. I. (2000). Morphological interface between hybrid ionomers and dentin with and without smear-layer removal. *J Oral Rehabil*, 27 (9), 808-814.

Alani A. H., Toh C. G. (1997). Detection of microleakage around dental restorations: a review. *Oper Dent*, 22 (4), 173-185.

Albers H. F. (2002). *Tooth-colored restoratives: principles and techniques: PMPH-USA*.

Algera T. J., Kleverlaan C. J., de Gee A. J., Prahl-Andersen B., Feilzer A. J. (2005). The influence of accelerating the setting rate by ultrasound or heat on the bond strength of glass ionomers used as orthodontic bracket cements. *Eur J Orthod*, 27 (5), 472-476.

Algera T. J., Kleverlaan C. J., Prahl-Andersen B., Feilzer A. J. (2006). The influence of environmental conditions on the material properties of setting glass-ionomer cements. *Dent Mater*, 22 (9), 852-856.

Altun C., Güven G., Başak F., Akbulut E. (2008). Süt dişi sınıf V kavitelerde akışkan kompozit uygulamasının mikrosızıntı üzerine etkileri. *DÜ Diş Hek Fak Derg*, 2, 13-23.

Ana I. D., Matsuya S., Ohta M., Ishikawa K. (2003). Effects of added bioactive glass on the setting and mechanical properties of resin-modified glass ionomer cement. *Biomaterials*, 24 (18), 3061-3067.

Annusavice K. J. (2003). *Phillip's science of dental materials*. Edisi ke-11, Saunders.

Anusavice K. J. (1999). Does ART have a place in preservative dentistry? *Community dentistry and oral epidemiology*, 27 (6), 442-448.

Arcoria C. J., Butler J. R., Wagner M. J., Vitasek B. A. (1992). Bending strength of Fuji and Ketac glass ionomers after sonication. *J Oral Rehabil*, 19 (6), 607-613.

Arisu H. D., Uctasli M. B., Eliguzeloglu E., Ozcan S., Omurlu H. (2008). The effect of occlusal loading on the microleakage of class V restorations. *Oper Dent*, 33 (2), 135-141.

- Asmussen E., Peutzfeldt A. (2002). Long-term fluoride release from a glass ionomer cement, a compomer and from experimental resin composites. *Acta Odontol Scand*, 60 (2), 93-97.
- Attin T. (2006). Methods for assessment of dental erosion. *Monogr Oral Sci*, 20, 152-172.
- Attin T., Buchalla W., Kielbassa A. M., Helwig E. (1995). Curing shrinkage and volumetric changes of resin-modified glass ionomer restorative materials. *Dent Mater*, 11 (6), 359-362.
- Baglar S., Dallı M., Colak H., Ercan E., Hamidi M. M. (2010). İki farklı restoratif materyalin sınıf V kavitelerdeki mikrosızıntıya etkisi. *Cumhuriyet Dental Journal*, 13 (1).
- Banerjee A., Watson T. F., Kidd E. A. (2000). Dentine caries excavation: a review of current clinical techniques. *Br Dent J*, 188 (9), 476-482.
- Bauer J. G., Henson J. L. (1984). Microleakage: a measure of the performance of direct filling materials. *Oper Dent*, 9 (1), 2-9.
- Bayırlı S., Sirin S. (1982). *Konservatif Diş Tedavisi*. İstanbul: Dünya Tıp Kitabevi Ltd. Sti, 278-298.
- Beech D. R. (1973). Improvement in the adhesion of polyacrylate cements to human dentine. *Br Dent J*, 135 (10), 442-445.
- Berg J. H. (1998). The continuum of restorative materials in pediatric dentistry--a review for the clinician. *Pediatr Dent*, 20 (2), 93-100.
- Berg J. H. (2002). Glass ionomer cements. *Pediatr Dent*, 24 (5), 430-438.
- Berzins D. W., Abey S., Costache M. C., Wilkie C. A., Roberts H. W. (2010). Resin-modified glass-ionomer setting reaction competition. *J Dent Res*, 89 (1), 82-86.
- Billington R., Towler M., Hadley P., Pearson G. (1998). Effect on glass ionomer of NaF addition. Paper presented at the Journal of Dental Research.
- Bogra P., Gupta S., Kumar S. (2012). Comparative evaluation of microleakage in class II cavities restored with Ceram X and Filtek P-90: An in vitro study. *Contemp Clin Dent*, 3 (1), 9-14.

- Bollu I. P., Hari A., Thumu J., Velagula L. D., Bolla N., Varri S., et al. (2016). Comparative Evaluation of Microleakage Between Nano-Ionomer, Giomer and Resin Modified Glass Ionomer Cement in Class V Cavities- CLSM Study. *J Clin Diagn Res*, 10 (5), Zc66-70.
- Bourke A. M., Walls A. W., McCabe J. F. (1992). Light-activated glass polyalkenoate (ionomer) cements: the setting reaction. *J Dent*, 20 (2), 115-120.
- Bouschlicher M. R., Vargas M. A., Denehy G. E. (1996). Effect of desiccation on microleakage of five Class 5 restorative materials. *Oper Dent*, 21 (3), 90-95.
- Brown D. (1989). Orthodontic band cements. *Br J Orthod*, 16 (2), 127-131.
- Burke F. J., Fleming G. J., Owen F. J., Watson D. J. (2002). Materials for restoration of primary teeth: 2. Glass ionomer derivatives and compomers. *Dent Update*, 29 (1), 10-14, 16-17.
- Castro A., Feigal R. E. (2002). Microleakage of a new improved glass ionomer restorative material in primary and permanent teeth. *Pediatr Dent*, 24 (1), 23-28.
- Causton B. E. (1981). The physico-mechanical consequences of exposing glass ionomer cements to water during setting. *Biomaterials*, 2 (2), 112-115.
- Cehreli S. B., Tirali R. E., Yalcinkaya Z., Cehreli Z. C. (2013). Microleakage of newly developed glass carbomer cement in primary teeth. *Eur J Dent*, 7 (1), 15-21.
- Chen X., Cuijpers V., Fan M., Frencken J. E. (2010). Marginal leakage of two newer glass-ionomer-based sealant materials assessed using micro-CT. *J Dent*, 38 (9), 731-735.
- Choi J. Y., Lee H. H., Kim H. W. (2008). Bioactive sol-gel glass added ionomer cement for the regeneration of tooth structure. *J Mater Sci Mater Med*, 19 (10), 3287-3294.
- Christensen G. J. (1997). Compomers vs. resin-reinforced glass ionomers. *J Am Dent Assoc*, 128 (4), 479-480.
- Chuang S.-F., Tseng C.-C., Liao F.-P. (2000). Microleakage of conventional and hybrid glass ionomer cements in Class V restorations. *Chinese Dental Journal*, 19 (2), 103-112.

- Cortes O., Garcia-Godoy F., Boj J. R. (1993). Bond strength of resin-reinforced glass ionomer cements after enamel etching. *Am J Dent*, 6 (6), 299-301.
- Coutinho E., Yoshida Y., Inoue S., Fukuda R., Snauwaert J., Nakayama Y., et al. (2007). Gel phase formation at resin-modified glass-ionomer/tooth interfaces. *J Dent Res*, 86 (7), 656-661.
- Crisp S., Kent B. E., Lewis B. G., Ferner A. J., Wilson A. D. (1980). Glass-ionomer cement formulations. II. The synthesis of novel polycarboxylic acids. *J Dent Res*, 59 (6), 1055-1063.
- Crisp S., Lewis B. G., Wilson A. D. (1975). Gelation of polyacrylic acid aqueous solutions and the measurement of viscosity. *J Dent Res*, 54 (6), 1173-1175.
- Croll T. P. (1990). Glass ionomers for infants, children, and adolescents. *J Am Dent Assoc*, 120 (1), 65-68.
- Croll T. P. (1992). Glass ionomers and esthetic dentistry: what the new properties mean to dentistry. *J Am Dent Assoc*, 123 (5), 51-54.
- Crowley C. M., Doyle J., Towler M. R., Hill R. G., Hampshire S. (2006). The influence of capsule geometry and cement formulation on the apparent viscosity of dental cements. *J Dent*, 34 (8), 566-573.
- Czarnecka B., Nicholson J. W. (2006). Ion release by resin-modified glass-ionomer cements into water and lactic acid solutions. *J Dent*, 34 (8), 539-543.
- Davidson-Kaban S. S., Davidson C. L., Feilzer A. J., de Gee A. J., Erdilek N. (1997). The effect of curing light variations on bulk curing and wall-to-wall quality of two types and various shades of resin composites. *Dent Mater*, 13 (6), 344-352.
- Davidson C. L., Mjör I. A. (1999). *Advances in glass-ionomer cements*: Quintessence Publishing Co, Inc.
- Dayangaç B. (2000). *Kompozit rezin restorasyonlar*: Güneş Kitabevi.
- De Barra E., Hill R. G. (2000). Influence of glass composition on the properties of glass polyalkenoate cements. Part III: influence of fluorite content. *Biomaterials*, 21 (6), 563-569.

- De Munck J., Van Landuyt K., Peumans M., Poitevin A., Lambrechts P., Braem M. , et al. (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*, 84 (2), 118-132.
- De Witte A. M., De Maeyer E. A., Verbeeck R. M., Martens L. C. (2000). Fluoride release profiles of mature restorative glass ionomer cements after fluoride application. *Biomaterials*, 21 (5), 475-482.
- Dejou J., Sindres V., Camps J. (1996). Influence of criteria on the results of in vitro evaluation of microleakage. *Dent Mater*, 12 (6), 342-349.
- Delme K. I., Deman P. J., Nammour S., De Moor R. J. (2006). Microleakage of class V glass ionomer restorations after conventional and Er:YAG laser preparation. *Photomed Laser Surg*, 24 (6), 715-722.
- Diamanti I., Koletsi-Kounari H., Mamai-Homata E., Vougiouklakis G. (2011). In vitro evaluation of fluoride and calcium sodium phosphosilicate toothpastes, on root dentine caries lesions. *J Dent*, 39 (9), 619-628.
- Diwanji A., Dhar V., Arora R., Madhusudan A., Rathore A. S. (2014). Comparative evaluation of microleakage of three restorative glass ionomer cements: An in vitro study. *J Nat Sci Biol Med*, 5 (2), 373-377.
- Dogan A., Hubbezoglu I., Dogan O. M., Bolayir G., Demir H. (2009). Temperature rise induced by various light curing units through human dentin. *Dent Mater J*, 28 (3), 253-260.
- Dogan A., Ozelik S., Dogan O. M., Hubbezoglu I., Cakmak M., Bolayir G. (2008). Effect of bleaching on roughness of dental composite resins. *The Journal of Adhesion*, 84 (11), 897-914.
- Earl M. S., Mount G. J., Hume W. R. (1989). The effect of varnishes and other surface treatments on water movement across the glass ionomer cement surface. II. *Aust Dent J*, 34 (4), 326-329.
- Eidelman E., Fuks A., Chosack A. (1989). A clinical, radiographic, and SEM evaluation of Class 2 composite restorations in primary teeth. *Oper Dent*, 14 (2), 58-63.

- Ellis J., Wilson A. (1990). Polyphosphonate cements: a new class of dental materials. *Journal of Materials Science Letters*, 9 (9), 1058-1060.
- Erdilek D., Dorter C., Koray F., Kunzelmann K. H., Efes B. G., Gomec Y. (2009). Effect of Thermo-mechanical Load Cycling on Microleakage in Class II Ormocer Restorations. *Eur J Dent*, 3 (3), 200-205.
- Eroğlu E., Baydır A. (2010). Diş hekimliğinde termal siklus uygulamaları. *Akademik Dental Dişhekimliği Dergisi*, 11 (1-2), 54-63.
- Fagundes T. C., Barata T. J., Bresciani E., Cefaly D. F., Carvalho C. A., Navarro M. F. (2006). Influence of ultrasonic setting on tensile bond strength of glass-ionomer cements to dentin. *J Adhes Dent*, 8 (6), 401-407.
- Fareed M. A., Stamboulis A. (2014). Nanoclay addition to a conventional glass ionomer cements: Influence on physical properties. *Eur J Dent*, 8 (4), 456-463.
- Ferrari M., Davidson C. L. (1997). Interdiffusion of a traditional glass ionomer cement into conditioned dentin. *Am J Dent*, 10 (6), 295-297.
- Forss H. (1993). Release of fluoride and other elements from light-cured glass ionomers in neutral and acidic conditions. *J Dent Res*, 72 (8), 1257-1262.
- Forsten L. (1995). Resin-modified glass ionomer cements: fluoride release and uptake. *Acta Odontol Scand*, 53 (4), 222-225.
- Frencken J. E., Pilot T., Songpaisan Y., Phantumvanit P. (1996). Atraumatic restorative treatment (ART): rationale, technique, and development. *J Public Health Dent*, 56 (3 Spec No), 135-140; discussion 161-133.
- Frencken J. E., Van 't Hof M. A., Van Amerongen W. E., Holmgren C. J. (2004). Effectiveness of single-surface ART restorations in the permanent dentition: a meta-analysis. *J Dent Res*, 83 (2), 120-123.
- Frencken J. E., Wolke J. (2010). Clinical and SEM assessment of ART high-viscosity glass-ionomer sealants after 8-13 years in 4 teeth. *J Dent*, 38 (1), 59-64.
- Friedl K., Hiller K. A., Friedl K. H. (2011). Clinical performance of a new glass ionomer based restoration system: a retrospective cohort study. *Dent Mater*, 27 (10), 1031-1037.

- Gale M. S., Darvell B. W. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent*, 27 (2), 89-99.
- Goldstein J., Newbury D. E., Echlin P., Joy D. C., Romig Jr A. D., Lyman C. E., et al.(2012). *Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis: a text for biologists, materials scientists, and geologists: Springer Science & Business Media.*
- Gorseta K., Glavina D., Skrinjaric I. (2012). Influence of ultrasonic excitation and heat application on the microleakage of glass ionomer cements. *Aust Dent J*, 57 (4), 453-457.
- Goršeta K., Glavina D., Škrinjarić I. (2009). Microleakage of newly developed nano-ionomer and glass ionomer cement restoration. Paper presented at the 44th meeting of the IADR-Continental European Division CED.
- Gu Y.-W., Fu Y. Q. (2004). Heat treatment and thermally induced crystallization of glass for glass ionomer cement. *Thermochimica acta*, 423 (1), 107-112.
- Gu Y. W., Yap A. U., Cheang P., Khor K. A. (2005). Effects of incorporation of HA/ZrO₂ into glass ionomer cement (GIC). *Biomaterials*, 26 (7), 713-720.
- Gurgan S., Kutuk Z. B., Ergin E., Oztas S. , Cakir F. Y. (2015). Four-year randomized clinical trial to evaluate the clinical performance of a glass ionomer restorative system. *Oper Dent*, 40 (2), 134-143.
- Hafez M. A., Elkateb M., El Shabrawy S., Mahmoud A., El Meligy O. (2017). Microleakage Evaluation of Composite Restorations Following Papain-Based Chemo-Mechanical Caries Removal in Primary Teeth. *J Clin Pediatr Dent*, 41 (1), 53-61.
- Hamid A., Hume W. R. (1997). Diffusion of resin monomers through human carious dentin in vitro. *Endod Dent Traumatol*, 13 (1), 1-5.
- Hanks C. T., Wataha J. C., Parsell R. R., Strawn S. E., Fat J. C. (1994). Permeability of biological and synthetic molecules through dentine. *J Oral Rehabil*, 21 (4), 475-487.
- Hara A. T., Pimenta L. A., Rodrigues A. L., Jr. (2001). Influence of cross-head speed on resin-dentin shear bond strength. *Dent Mater*, 17 (2), 165-169.
- Heintze S. D., Blunck U., Gohring T. N., Rousson V. (2009). Marginal adaptation in vitro and clinical outcome of Class V restorations. *Dent Mater*, 25 (5), 605-620.

- Hickel R., Manhart J. (2001). Longevity of restorations in posterior teeth and reasons for failure. *J Adhes Dent*, 3 (1), 45-64.
- Hill R., Wilson A. (1988). Some structural aspects of glasses used in ionomer cements. *Glass technology*, 29 (4), 150-158.
- Holtan J. R., Nystrom G. P., Rensch S. E., Phelps R. A., Douglas W. H. (1994). Microleakage of five dentinal adhesives. *Oper Dent*, 19 (5), 189-193.
- Hse K. M., Leung S. K., Wei S. H. (1999). Resin-ionomer restorative materials for children: a review. *Aust Dent J*, 44 (1), 1-11.
- Inoue S., Van Meerbeek B., Abe Y., Yoshida Y., Lambrechts P., Vanherle G., (2001). Effect of remaining dentin thickness and the use of conditioner on micro-tensile bond strength of a glass-ionomer adhesive. *Dent Mater*, 17 (5), 445-455.
- ISO Technical Specification. (2003). Dental materials-Testing of adhesion to tooth structure.
- Kan K. C., Messer L. B., Messer H. H. (1997). Variability in cytotoxicity and fluoride release of resin-modified glass-ionomer cements. *J Dent Res*, 76 (8), 1502-1507.
- Kanerva L., Jolanki R., Leino T., Estlander T. (1995). Occupational allergic contact dermatitis from 2-hydroxyethyl methacrylate and ethylene glycol dimethacrylate in a modified acrylic structural adhesive. *Contact Dermatitis*, 33 (2), 84-89.
- Karaarslan E. S., Usumez A., Ozturk B., Cebe M. A. (2012). Effect of cavity preparation techniques and different preheating procedures on microleakage of class V resin restorations. *Eur J Dent*, 6 (1), 87-94.
- Kato K., Yarimizu H., Nakaseko H., Sakuma T. (2008). Influence of coating material on conventional glass-ionomer cement. *J. Dent. Res*, 87 (487), 1996-1944.
- Kawahara H., Imanishi Y., Oshima H. (1979). Biological evaluation on glass ionomer cement. *J Dent Res*, 58 (3), 1080-1086.
- Kawano F., Kon M., Kobayashi M., Miyai K. (2001). Reinforcement effect of short glass fibers with CaO- P₂O₅ -SiO₂ -Al₂O₃ glass on strength of glass-ionomer cement. *J Dent*, 29 (5), 377-380.

- Kent B. E., Lewis B. G., Wilson A. D. (1973). The properties of a glass ionomer cement. *Br Dent J*, 135 (7), 322-326.
- Khoroushi M., Mansoori-Karvandi T., Hadi S. (2012). The effect of pre-warming and delayed irradiation on marginal integrity of a resin-modified glass-ionomer. *Gen Dent*, 60 (6), e383-388.
- Kidd E. A. (1976). Microleakage in relation to amalgam and composite restorations. A laboratory study. *Br Dent J*, 141 (10), 305-310.
- Kleverlaan C. J., van Duinen R. N., Feilzer A. J. (2004). Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. *Dent Mater*, 20 (1), 45-50.
- Klinge S., Kunstmann K., Frankenberger R., Krämer N. (1999). Clinical behavior of viscous glassionomer cement in classes I and II cavities. *J. Dent. Res*, 78, 2285.
- Knezevic A., Tarle Z., Meniga A., Sutalo J., Pichler G., Ristic M. (2001). Degree of conversion and temperature rise during polymerization of composite resin samples with blue diodes. *J Oral Rehabil*, 28 (6), 586-591.
- Kobayashi M., Kon M., Miyai K., Asaoka K. (2000). Strengthening of glass-ionomer cement by compounding short fibres with CaO-P₂O₅-SiO₂-Al₂O₃ glass. *Biomaterials*, 21 (20), 2051-2058.
- Kovarik R. E., Haubenreich J. E., Gore D. (2005). Glass ionomer cements: a review of composition, chemistry, and biocompatibility as a dental and medical implant material. *J Long Term Eff Med Implants*, 15 (6), 655-671.
- Krifka S., Borzsonyi A., Koch A., Hiller K. A., Schmalz G., Friedl K. H. (2008). Bond strength of adhesive systems to dentin and enamel--human vs. bovine primary teeth in vitro. *Dent Mater*, 24 (7), 888-894.
- Lacefield W. R., Reindl M. C., Retief D. H. (1985). Tensile bond strength of a glass-ionomer cement. *J Prosthet Dent*, 53 (2), 194-198.
- Leibroek A., Degenhart M., Behr M., Rosentritt M., Handel G. (1999). In vitro study of the effect of thermo- and load-cycling on the bond strength of porcelain repair systems. *J Oral Rehabil*, 26 (2), 130-137.

- Leinfelder K. F. (1999). Ask the expert. What intensity is best in light curing? *J Am Dent Assoc*, 130 (4), 534.
- Li J., von Beetzen M., Sundstrom F. (1995). Strength and setting behavior of resin-modified glass ionomer cements. *Acta Odontol Scand*, 53 (5), 311-317.
- Li Q., Jepsen S., Albers H. K., Eberhard J. (2006). Flowable materials as an intermediate layer could improve the marginal and internal adaptation of composite restorations in Class-V-cavities. *Dent Mater*, 22 (3), 250-257.
- Lohbauer U. (2009). Dental glass ionomer cements as permanent filling materials?—properties, limitations and future trends. *Materials*, 3 (1), 76-96.
- Lohbauer U., Frankenberger R., Clare A., Petschelt A., Greil P. (2004). Toughening of dental glass ionomer cements with reactive glass fibres. *Biomaterials*, 25 (22), 5217-5225.
- Mali P., Deshpande S., Singh A. (2006). Microleakage of restorative materials: an in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 24 (1), 15-18.
- Marotti J., Geraldo-Martins V. R., Bello-Silva M. S., de Paula Eduardo C., Apel C., Gutknecht N. (2010). Influence of etching with erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser on microleakage of class V restoration. *Lasers Med Sci*, 25 (3), 325-329.
- Masih S., Thomas A. M., Koshy G., Joshi J. L. (2011). Comparative evaluation of the microleakage of two modified glass ionomer cements on primary molars. An in vivo study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 29 (2), 135-139.
- Mazaheri R., Pischevar L., Shichani A. V., Geravandi S. (2015). Effect of different cavity conditioners on microleakage of glass ionomer cement with a high viscosity in primary teeth. *Dent Res J (Isfahan)*, 12 (4), 337-341.
- McLean J. W., Nicholson J. W., Wilson A. D. (1994). Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. *Quintessence Int*, 25 (9), 587-589.
- McLean J. W., Wilson A. D. (1977). The clinical development of the glass-ionomer cements. i. Formulations and properties. *Aust Dent J*, 22 (1), 31-36.

- Menne-Happ U., Ilie N. (2014). Effect of heat application on the mechanical behaviour of glass ionomer cements. *Clin Oral Investig*, 18 (2), 643-650.
- Michel A., Erber R., Frese C., Gehrig H., Saure D., Mente J. (2016). In vitro evaluation of different dental materials used for the treatment of extensive cervical root defects using human periodontal cells. *Clin Oral Investig*.
- Mills R. W. (1995). Blue light emitting diodes--another method of light curing? *Br Dent J*, 178 (5), 169.
- Mills R. W., Jandt K. D., Ashworth S. H. (1999). Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *Br Dent J*, 186 (8), 388-391.
- Mitra S., Sakaguchi R. (2012). Restorative materials—composites and polymers. *Craig's Restorative Materials, Thirteenth Edition*, Elsevier, USA, 161-198.
- Mitra S. B. (1991). Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. *J Dent Res*, 70 (1), 72-74.
- Mjor I. A., Dahl J. E., Moorhead J. E. (2002). Placement and replacement of restorations in primary teeth. *Acta Odontol Scand*, 60 (1), 25-28.
- Molina G. F., Cabral R. J., Mazzola I., Lascano L. B., Frencken J. E. (2013). Mechanical performance of encapsulated restorative glass-ionomer cements for use with Atraumatic Restorative Treatment (ART). *J Appl Oral Sci*, 21 (3), 243-249.
- Moshaverinia A., Ansari S., Moshaverinia M., Roohpour N., Darr J. A., Rehman I. (2008). Effects of incorporation of hydroxyapatite and fluoroapatite nanobioceramics into conventional glass ionomer cements (GIC). *Acta Biomater*, 4 (2), 432-440.
- Mount G. (2002). *Color atlas of glass ionomer cements*. London: Dunitz.
- Mount G. J. (1991). Adhesion of glass-ionomer cement in the clinical environment. *Oper Dent*, 16 (4), 141-148.
- Mount G. J. (1994). Buonocore Memorial Lecture. Glass-ionomer cements: past, present and future. *Oper Dent*, 19 (3), 82-90.
- Mount G. J. (1999). Glass ionomers: a review of their current status. *Oper Dent*, 24 (2), 115-124.
- Mounth G. (1990). *An atlas of glass-ionomer cements. A Clinicians's Guide*.

- Naasan M. A., Watson T. F. (1998). Conventional glass ionomers as posterior restorations. A status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent*, 11 (1), 36-45.
- Ngo H., Mount G. J., Peters M. C. (1997). A study of glass-ionomer cement and its interface with enamel and dentin using a low-temperature, high-resolution scanning electron microscopic technique. *Quintessence Int*, 28 (1), 63-69.
- Ngo H. C., Mount G., Mc Intyre J., Tuisuva J., Von Doussa R. J. (2006). Chemical exchange between glass-ionomer restorations and residual carious dentine in permanent molars: an in vivo study. *J Dent*, 34 (8), 608-613.
- Nicholson J. W. (1998). Chemistry of glass-ionomer cements: a review. *Biomaterials*, 19 (6), 485-494.
- Nicholson J. W., Czarnecka B. (2008). The biocompatibility of resin-modified glass-ionomer cements for dentistry. *Dent Mater*, 24 (12), 1702-1708.
- Nomoto R., McCabe J. F. (2001). Effect of mixing methods on the compressive strength of glass ionomer cements. *J Dent*, 29 (3), 205-210.
- O'Brien T., Shoja-Assadi F., Lea S. C., Burke F. J., Palin W. M. (2010). Extrinsic energy sources affect hardness through depth during set of a glass-ionomer cement. *J Dent*, 38 (6), 490-495.
- Osborne J. W., Summitt J. B., Roberts H. W. (2002). The use of dental amalgam in pediatric dentistry: review of the literature. *Pediatr Dent*, 24 (5), 439-447.
- Palmer G., Anstice H. M., Pearson G. J. (1999). The effect of curing regime on the release of hydroxyethyl methacrylate (HEMA) from resin-modified glass-ionomer cements. *J Dent*, 27 (4), 303-311.
- Pameijer C. H. (2012). Crown retention with three resin-modified glass ionomer luting agents. *J Am Dent Assoc*, 143 (11), 1218-1222.
- Pavuluri C., Nuvvula S., Kamatham R. L., Nirmala S. (2014). Comparative Evaluation of Microleakage in Conventional and RMGIC Restorations following Conventional and Chemomechanical Caries Removal: An in vitro Study. *Int J Clin Pediatr Dent*, 7 (3), 172-175.

- Pegoraro T. A., da Silva N. R., Carvalho R. M. (2007). Cements for use in esthetic dentistry. *Dent Clin North Am*, 51 (2), 453-471, x.
- Plant C. G., Browne R. M., Knibbs P. J., Britton A. S., Sorahan T. (1984). Pulpal effects of glass ionomer cements. *Int Endod J*, 17 (2), 51-59.
- Powis D. R., Folleras T., Merson S. A., Wilson A. D. (1982). Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. *J Dent Res*, 61 (12), 1416-1422.
- Probster L., Maiwald U., Weber H. (1996). Three-point bending strength of ceramics fused to cast titanium. *Eur J Oral Sci*, 104 (3), 313-319.
- Qvist V., Laurberg L., Poulsen A., Teglers P. T. (2004). Eight-year study on conventional glass ionomer and amalgam restorations in primary teeth. *Acta Odontol Scand*, 62 (1), 37-45.
- Reis Lda S., Chinelatti M. A., Corona S. A., Palma-Dibb R. G., Borsatto M. C. (2004). Influence of air abrasion preparation on microleakage in glass ionomer cement restorations. *J Mater Sci Mater Med*, 15 (11), 1213-1216.
- Reitznerova E., Amarasiriwardena D., Kopcakova M., Barnes R. M. (2000). Determination of some trace elements in human tooth enamel. *Fresenius J Anal Chem*, 367 (8), 748-754.
- Rueggeberg F. A. (1991). Substrate for adhesion testing to tooth structure - review of the literature. *Dent Mater*, 7 (1), 2-10.
- Sales D., Sae-Lee D., Matsuya S., Ana I. D. (2003). Short-term fluoride and cations release from polyacid-modified composites in a distilled water, and an acidic lactate buffer. *Biomaterials*, 24 (10), 1687-1696.
- Serra M. C., Cury J. A. (1992). The in vitro effect of glass-ionomer cement restoration on enamel subjected to a demineralization and remineralization model. *Quintessence Int*, 23 (2), 143-147.
- Shortall A., Baylis R., Grundy J. (1988). Microleakage of composite resin glass-ionomer sandwich restorations. Paper presented at the Journal of Dental Research.
- Sidhu S. K. (1994). Marginal contraction gap formation of light-cured glass ionomers. *Am J Dent*, 7 (2), 115-118.

- Sidhu S. K. (2010). Clinical evaluations of resin-modified glass-ionomer restorations. *Dent Mater*, 26 (1), 7-12.
- Sidhu S. K., Carrick T. E., McCabe J. F. (2004). Temperature mediated coefficient of dimensional change of dental tooth-colored restorative materials. *Dent Mater*, 20 (5), 435-440.
- Sidhu S. K., Nicholson J. W. (2016). A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. *J Funct Biomater*, 7 (3).
- Sidhu S. K., Watson T. F. (1995). Resin-modified glass ionomer materials. A status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent*, 8 (1), 59-67.
- Sidhu S. K., Watson T. F. (1998). Interfacial characteristics of resin-modified glass-ionomer materials: a study on fluid permeability using confocal fluorescence microscopy. *J Dent Res*, 77 (9), 1749-1759.
- Singla T., Pandit I. K., Srivastava N., Gugnani N., Gupta M. (2012). An evaluation of microleakage of various glass ionomer based restorative materials in deciduous and permanent teeth: An in vitro study. *Saudi Dent J*, 24 (1), 35-42.
- Smales R., Wong K. (1999). Two-year clinical performance of resin-modified glass ionomer sealant. Paper presented at the J Dent Res.
- Smith D. C. (1998). Development of glass-ionomer cement systems. *Biomaterials*, 19 (6), 467-478.
- Soh M. S., Yap A. U., Siow K. S. (2004). Comparative depths of cure among various curing light types and methods. *Oper Dent*, 29 (1), 9-15.
- Stamboulis A., Law R. V., Hill R. G. (2004). Characterisation of commercial ionomer glasses using magic angle nuclear magnetic resonance (MAS-NMR). *Biomaterials*, 25 (17), 3907-3913.
- Swift E. J., Jr. (1988a). Fluoride-containing restorative materials. *Clin Prev Dent*, 10 (6), 19-24.
- Swift E. J., Jr. (1988b). An update on glass ionomer cements. *Quintessence Int*, 19 (2), 125-130.

- Swift E. J., Jr. (1989). Pulpal effects of composite resin restorations. *Oper Dent*, 14 (1), 20-27.
- Takigawa T. (1982). Study on glass-ionomer cement, influence of powder. *Journal of Conservative Dentistry*, 25, 812-813.
- Tarim B., Hafez A. A., Cox C. F. (1998). Pulpal response to a resin-modified glass-ionomer material on nonexposed and exposed monkey pulps. *Quintessence Int*, 29 (8), 535-542.
- Taylor M. J., Lynch E. (1992). Microleakage. *J Dent*, 20 (1), 3-10.
- Thind B. S., Stirrups D. R., Lloyd C. H. (2006). A comparison of tungsten-quartz-halogen, plasma arc and light-emitting diode light sources for the polymerization of an orthodontic adhesive. *Eur J Orthod*, 28 (1), 78-82.
- Towler M. R., Bushby A. J., Billington R. W., Hill R. G. (2001). A preliminary comparison of the mechanical properties of chemically cured and ultrasonically cured glass ionomer cements, using nano-indentation techniques. *Biomaterials*, 22 (11), 1401-1406.
- Tran L. A., Messer L. B. (2003). Clinicians' choices of restorative materials for children. *Aust Dent J*, 48 (4), 221-232.
- Vaid D. S., Shah N. C., Bilgi P. S. (2015). One year comparative clinical evaluation of EQUIA with resin-modified glass ionomer and a nanohybrid composite in noncarious cervical lesions. *J Conserv Dent*, 18 (6), 449-452.
- Valanezhad A., Odatsu T., Udoh K., Shiraishi T., Sawase T., Watanabe I. (2016). Modification of resin modified glass ionomer cement by addition of bioactive glass nanoparticles. *J Mater Sci Mater Med*, 27 (1), 3.
- van de Voorde A., Gerds G. J., Murchison D. F. (1988). Clinical use of glass ionomer cement: a literature review. *Quintessence Int*, 19 (1), 53-61.
- Van Den Bosch W., Van Duinen R. N. (2004). Self hardening glass carbomer composition: Google Patents.
- van Duinen R. N. (2011). New approach for handling glass ionomers in restorative dentistry. *Refuat Hapeh Vehashinayim* (1993), 28 (3), 8-13, 68.

- van Duinen R. N., Kleverlaan C. J., de Gee A. J., Werner A., Feilzer A. J. (2005). Early and long-term wear of 'fast-set' conventional glass-ionomer cements. *Dent Mater*, 21 (8), 716-720.
- Van Meerbeek B., De Munck J., Yoshida Y., Inoue S., Vargas M., Vijay P., et al. (2003). Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*, 28 (3), 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 (8), 615-618.
- Vandewalle K. S., Roberts H. W., Tiba A., Charlton D. G. (2005). Thermal emission and curing efficiency of LED and halogen curing lights. *Oper Dent*, 30 (2), 257-264.
- Volpato C. Â. M., Bondioli F., Altoé Garbelotto L. G. D., Fredel M. C. (2011). Application of zirconia in dentistry: biological, mechanical and optical considerations: INTECH Open Access Publisher.
- Wagner W. C., Aksu M. N., Neme A. M., Linger J. B., Pink F. E., Walker S. (2008). Effect of pre-heating resin composite on restoration microleakage. *Oper Dent*, 33 (1), 72-78.
- Wang X. Y., Yap A. U., Ngo H. C. (2006). Effect of early water exposure on the strength of glass ionomer restoratives. *Oper Dent*, 31 (5), 584-589.
- Wasson E. A., Nicholson J. W. (1993). New aspects of the setting of glass-ionomer cements. *J Dent Res*, 72 (2), 481-483.
- Welbury R. R., Shaw A. J., Murray J. J., Gordon P. H., McCabe J. F. (2000). Clinical evaluation of paired compomer and glass ionomer restorations in primary molars: final results after 42 months. *Br Dent J*, 189 (2), 93-97.
- Wilson A. (1974). Alumino-silicate polyacrylic acid and related cements. *British Polymer Journal*, 6 (3), 165-179.
- Wilson A. D. (1990). Resin-modified glass-ionomer cements. *Int J Prosthodont*, 3 (5), 425-429.

- Wilson A. D., Kent B. E. (1972). A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *Br Dent J*, 132 (4), 133-135.
- Wilson A. D., Prosser H. J., Powis D. M. (1983). Mechanism of adhesion of polyelectrolyte cements to hydroxyapatite. *J Dent Res*, 62 (5), 590-592.
- Wilson N. H., Roulet J.-F., Fuzzi M. (2001). *Advances in Operative Dentistry: Challenges of the Future*: Quintessence Pub.
- Woolford M. J. (1994). Effect of radiant heat on the surface hardness of glass polyalkenoate (ionomer) cement. *J Dent*, 22 (6), 360-363.
- Xie D., Brantley W. A., Culbertson B. M., Wang G. (2000). Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. *Dent Mater*, 16 (2), 129-138.
- Yap A. U., Cheang P. H., Chay P. L. (2002). Mechanical properties of two restorative reinforced glass-ionomer cements. *J Oral Rehabil*, 29 (7), 682-688.
- Yap A. U., Pek Y. S., Cheang P. (2003). Physico-mechanical properties of a fast-set highly viscous GIC restorative. *J Oral Rehabil*, 30 (1), 1-8.
- Yesilyurt C., Bulucu B., Sezen O., Bulut G., Celik D. (2008). Bond strengths of two conventional glass-ionomer cements to irradiated and non-irradiated dentin. *Dent Mater J*, 27 (5), 695-701.
- Yıldız S. (2003). Günümüz Mikroskopları. *Bilim ve Teknik Dergisi*, 3.
- Yip H. K., Tay F. R., Ngo H. C., Smales R. J., Pashley D. H. (2001). Bonding of contemporary glass ionomer cements to dentin. *Dent Mater*, 17 (5), 456-470.
- Yli-Urpo H., Lassila L. V., Narhi T., Vallittu P. K. (2005). Compressive strength and surface characterization of glass ionomer cements modified by particles of bioactive glass. *Dent Mater*, 21 (3), 201-209.
- Yoshioka L., Tedesco T. K., Calvo A. F., Kim S. S., Malagrana A. P., Raggio D. P. (2016). Influence of acceleration setting reaction by halogen light-curing on GIC-dentin interface: Qualitative analysis by SEM. *Microsc Res Tech*.
- Yuan H., de Bruijn J. D., Zhang X., van Blitterswijk C. A., de Groot K. (2001). Bone induction by porous glass ceramic made from Bioglass (45S5). *J Biomed Mater Res*, 58 (3), 270-276.

Zaimoğlu A., Can G., Ersoy E., Aksu L. (1993). Diřhekimliđinde Maddeler Bilgisi. Ankara Üniversitesi Dişhekimliği Fakóltesi Yayınları, Sayı 17.

Zainuddin N., Karpukhina N., Law R. V., Hill R. G. (2012). Characterisation of a remineralising Glass Carbomer(R) ionomer cement by MAS-NMR spectroscopy. Dent Mater, 28 (10), 1051-1058.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Fatih BAYAR

Doğum Yeri : Sarıyer

Doğum Tarihi : 12/08/1989

Yabancı Dili : İngilizce

E-mail : fatih-34fb@hotmail.com

İletişim Bilgileri : Güzelyalı Mah. Ordu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/ Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Diş Hekimliği	Selçuk Üniversitesi	2007-2013
Uzmanlık	Pedodonti (Çocuk Diş Hekimliği)	Ordu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2014-

İş Deneyimi:

Görev	Görev Yeri	Yıl
Arş. Gör	Ordu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı	2014-

Ulusal ve uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan bildiri kitabında basılan Bildiriler

Bayar F., Güler Ç., Beldüz Kara N., ‘Endodontik Tedavi Yapılmış Geniş Periapikal Lezyonlu Molar Dişlerin Takibi: İki Olgu Bildirimi’ 23. İzmir Dişhekimleri Odası Uluslararası Bilimsel Kongre ve Sergisi, İzmir, 2016. (Poster Sunumu)

Bayar F., Güler Ç., Beldüz Kara N., ‘Genç Daimi Molar Dişte Servikal Amputasyon Uygulaması: Bir Olgu Raporu’ TDB 23. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi, İstanbul, 2017. (Poster Sunumu)