



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ

**KOMPOZİT REZİN, CAM İYONOMER VE ISI İLE İŞLEME
TABİ TUTULMUŞ CAM İYONOMER DOLGU
MATERYALLERİNİN MİKROSIZINTI VE MİKROSERTLİK
AÇISINDAN İNVİTRO DEĞERLENDİRİLMESİ**

BUSE TANSU GÜNDOĞAN
UZMANLIK TEZİ

PEDODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. MEHMET SERTAÇ PEKER

2019-İSTANBUL

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Buse Tansu GÜNDOĞAN

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim süresince, huzurlu bir ortamda verimli bir eğitim almamı sağlayan; tecrübesi ile mesleki disiplinime ve donanıma büyük katkıları olan, anabilim dalı başkanımız Sayın Prof. Dr. Serap AKYÜZ' e,

Uzmanlık eğitimim süresince, klinik tecrübesi, hasta iletişimi ve sosyal ilişkilerindeki başarılarıyla bana harika bir örnek olan; tez yazım sürecimde, tarafımdan gelen sorulara güler yüzüyle karşılık verip beni rahatlatan; geç bulduğum çabuk kaybettiğim, bulduğumda ise kısa sürede büyük işler başarmamı sağlayan sevgili danışman hocam Sayın Doç. Dr. Sertaç PEKER' e,

Tezimin laboratuvar aşamalarını yapmam için bana kendi üniversitelerinin tüm imkanlarını sunan ve bu süreçte yardımlarını benden esirgemeyen Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'nın değerli hocalarına ve bu imkanı bana sağlayan, aynı zamanda tez izleme komitemde bulunan Sayın Prof. Dr. Taşkın GÜRBÜZ'e,

Çocuk diş hekimliğine olan tutkusu ve uzmanlık alanımızın önemli bir bölümünü oluşturan fiziksel ve zihinsel engelli hastalar için gösterdiği hassasiyetle, hayatımda mesleki anlamda önemli bir farkındalık yaratmış olan Sayın Prof. Dr. İlknur TANBOĞA' ya,

Uzmanlık eğitimime başladığım ilk günden beri öğrenme ve öğretme tutkusuyla, mesleki özveriyle, çocuk diş hekimliğinde bambaşka tedavi yaklaşımları geliştirmemde yol gösterici olan Sayın Prof. Dr. Ali MENTEŞ' e,

Çocuk diş hekimliğinde güncel tedavi yaklaşımlarını takip etme konusundaki donanımını hayranlıkla izlediğim, uzmanlık eğitimim süresince odasının kapısını her zaman bize açık tutan ve yardımlarını bizden esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Betül KARGÜL' e,

Uzmanlık eğitimime başladığım ilk günden beri mesleğindeki titizliği, çalışkanlığı, bitmeyen enerjisiyle her zaman yardımına koşan, bilgilerini paylaştıkça çoğaltıp çoğalttıkça paylaşan canım ablam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Müesser Ahu DURHAN' a,

Uzmanlık eğitimim süresince karşıma çıkan sorunları aşmamda güler yüzleri, pozitif enerjileri ve pratik çözümleriyle her zaman yanımda olan ve çok şey

öğrendiğim Sayın Dr. Öğr. Üyesi Işıl Özgül KALYONCU, Dr. Öğr. Üyesi Figen EREN GİRAY, Doç. Dr. Başak DURMUŞ ve Doç. Dr. Eda HAZNEDAROĞLU' na,

Bu süreci üniversite hayatımın devamıymış gibi yaşamamı sağlayan, uzmanlık eğitimim süresince üniversiteye neşeyle gelmemin sebebi olan ve bu süreçte bütün sıkıntılarımı benle birlikte göğüsleyen, bana yalnızca iş arkadaşlığı değil gerçek dostluk sunan, tanımış olmaktan büyük mutluluk duyduğum canım arkadaşlarım Berkant SEZER, Nihan TUĞCU, Alev Eda OKUTAN' a,

Bu süreç boyunca kah aynı koltukta kah aynı klinik nöbetinde zorluklara birlikte göğüs gerdiğim, pratik çözümlerin adresi Nil Ceren MUNGAN'a,

Uzmanlık eğitimine birlikte başladığım, tamamına birlikte erdirememekten büyük üzüntü duyduğum Aysel TOPRAK' a,

Sayıca oldukça zengin olan bölümümüzde üç buçuk yıllık bu süreçte bir çok güzel anı biriktirdiğim, desteklerini benden esirgemeyen, teşekkür yazımın kısıtlı bir alana sahip olması sebebiyle tek tek isimlerine yer veremediğim bölüm arkadaşlarımın her birine,

Tez dönemimde bana Erzurum'da evini açan ve yardımlarını benden esirgemeyen, canım arkadaşım Emine TANCER'e

Lisans eğitimim ve uzmanlık sınavına hazırlanma sürecim boyunca yanımda olan, bu yola birlikte baş koyduğum kadim dostlarım Yasemin Hazal DEDEAĞA, Ceren DEĞER ve Nil YAKAR'a,

Bilimsel kişiliğiyle benden hep bir adım önde olan, tez yazım sürecimin her aşamasında rol model aldığım kadim dostum Ece MERAL'e,

Hayatıma girdiği ilk günden beri varlığıyla bana güç veren, tez yazım sürecimde büyük bir sabır ve sevgiyle yanımda olan ve hep yanımda olacağını bildiğim canım sevgilim Alperen AKPINAR' a,

Benim ailem oldukları için şanslı hissettiğim, dün ve bugün yanımda olan ve her daim yanımda olacaklarına emin olduğum, bugün, burada, bu tez sunumunu yapıyor olmamın haklı gururunu yaşayan, canım ailem, Kadir GÜNDOĞAN, Sultan GÜNDOĞAN ve Defne GÜNDOĞAN' a,

Bütün kalbimle sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

BEYAN

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	iii
KISALTMALAR	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
RESİM LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ.....	x

1. ÖZET	1
2. SUMMARY	2
3. GİRİŞ VE AMAÇ	3
4. GENEL BİLGİLER	5
4.1. Diş Çürüğü.....	5
4.2. Süt dişlenmede görülen çürük lezyonları	5
4.3. Süt Dişlerinde Kullanılan Restoratif Materyaller	6
4.3.1. Amalgam	8
4.3.2. Silikat Simanlar.....	8
4.3.3. Cam İyonomer Simanlar	9
4.3.3.1. Cam iyonomer simanların tarihi	9
4.3.3.2. Konvansiyonel cam iyonomer simanların toz ve likit içerikleri.....	11
4.3.3.3. Konvansiyonel cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonları	12
4.3.3.4. Konvansiyonel cam iyonomer simanların diş dokularına bağlanma mekanizması.....	15
4.3.3.5. Konvansiyonel cam iyonomer simanların florür salınım mekanizması.....	16
4.3.3.6. Cam iyonomer simanların klinik kullanımları.....	17
4.3.3.7. Geliştirilmiş cam iyonomer simanlar	23

4.3.4. Poliasit Modifiye Kompozit Rezın (Kompomer)	32
4.3.5. Kompozit Rezın Materyaller	34
4.3.5.1. Kompozit rezın materyallerin kimyasal yapısı	34
4.3.5.2. Kompozit rezınlerin sınıflandırılması	37
4.3.5.3. Kompozit rezın materyallerin adezyonu	38
4.3.6. Restoratif Materyallerin Laboratuvar Koşullarında Klinik Özelliklerinin Değerlendirilmesi	43
4.3.6.1. Mikrosızıntı değerlendirmesi.....	43
5. GEREÇ VE YÖNTEM	50
5.1. Dişlerin Toplanması.....	53
5.2. Dişlerin Akrilik Kaideye Gömülmesi	55
5.3. Dişlerde Hazırlanan Kavite Preparasyonu.....	56
5.4. Restoratif Materyallerin Uygulanması	57
5.4.1. Kompozit Rezın Restorasyon	57
5.4.2. Konvansiyonel Cam İyonomer Restorasyon	58
5.4.3. Bulk Fil Cam Hibrit Restorasyon	59
5.5. Mikrosızıntı Değerlendirilmesi.....	61
5.5.1. Termal Döngü.....	61
5.6. Mikrosertlik Değerlendirmesi.....	64
5.7. İstatistiksel Verilerin Değerlendirilmesi	66
6. BULGULAR	67
6.1. Mikrosızıntı Değerlendirmesi.....	67
6.2. Mikrosertlik Değerlendirmesi.....	72
7. TARTIŞMA	75

8. SONUÇLAR.....	94
9. KAYNAKLAR.....	95
10. EKLER.....	107
11. ÖZGEÇMİŞ.....	108



KISALTMALAR

Al ⁺³	Alüminyum
Si	Silisyum
SiO ₂ -Al ₂ O ₃ -CaO	Silisyumdioksit-Alüminyum Oksit-Kalsiyum Oksit
SiO ₂ -Al ₂ O ₃ -CaF ₂	Silisyumdioksit-Alüminyum Oksit-Kalsiyum Florür
Na ₃ AlF ₆	Sodyum Alüminyum Florür
Na ⁺¹	Sodyum
Ca ⁺²	Kalsiyum
pH	Power of Hydrogen
HEMA	Hidroksietil Metakrilat
ART	Atravmatik Restoratif Teknik
MPa	Mega Pascal
LED	Light Emmiting Diode
mm	milimetre
mW/cm ²	miliWatt/santimetre kare
nm	nanometre
mW	miliWatt
mcd	milicandelas
TPO	Trimetilbenzodifenilfosfin
PPD	Propanedione
UDMA	Üretan Dimetakrilat
mμ	mikrometre
sn	saniye
Bis-GMA	Biglisidil Metakrilat
UV	Ultra Violet
EDGMA	Etilen Glikol Dimetakrilat
MMA	Metil Metakrilat
SiO ₂	Silisyumdioksit
mm ²	milimetre kare
SEM	Scanning Electron Microscope
°C	Santigrat Derece

kg	kilogram
ISO	International Organization for Standardization
dk	dakika
rpm	Revolutions per Minute
VHN	Vickers Hardness Number
kgf	kilogram kuvvet
HV	Vickers Hardness
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
USPHS	United States Public Health Service



ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1:** a. Açık sandviç tekniği b. Kapalı sandviç tekniği20
- Şekil 2 :** Farklı doldurucu partikül büyüklüklerine ve dağılımlarına sahip dental kompozit rezinler38
- Şekil 3:** Çalışmada yer alan süt ve daimi dişlerde oluşturulan 5 alt grubun mikrosızıntı karşılaştırılması.....70
- Şekil 4:** Çalışmada yer alan 5 alt grubun mikrosertlik açısından karşılatırılması74



RESİM LİSTESİ

Resim 1: Periodontal ligament artıklarının dış yüzeyinden temizlenmesi.....	54
Resim 2: a. Mum modelasyon ile silikon ölçüden elde edilen kalıp b. Soğuk akrilik c. Akrilik kaideye servkaline kadar gömülmüş diş d. Polimerizasyonunu tamamlamış akrilik kaide e. Akrilik kaidenin tesviyelenmesi	55
Resim 3 : a. Kavite preparasyonunun tamamlanması b. Kavite ebatlarının Williams sondu ile kontrol edilmesi	56
Resim 4: a. Çalışmada kullanılan nanohibrit kompozit b. Çalışmada kullanılan self etch bonding ajanı.....	57
Resim 5: Çalışmada kullanılan konvansiyonel cam iyonomer siman	58
Resim 6: Çalışmada kullanılan bulk fil cam hibrit restoratif sistem ve yüzey verniği	59
Resim 7: Çalışmada restorasyonların polisajlarında kullanılan disk seti.....	60
Resim 8: Çalışmada kullanılan LED ışık kaynağı	60
Resim 9: Çalışmada kullanılan amalgamatör	60
Resim 10: Termal siklus cihazına yerleştirilmiş diş örnekleri	61
Resim 11: Hassas kesim cihazı (Buehler, İsoMet 1000 Precision Cutter, İllionois, Amerika).....	62
Resim 12: Mikrosızıntı skorlarının tespit edildiği stereomikroskop görüntüleri a. Skor= 3, 2 (Daimi diş-Kompozit) b. Skor=2(Süt diş-Kemdent) c. Skor=2 (Daimi diş-Kemdent LED+) d. Skor=0 (Süt diş- EQUIA Forte) e. Skor=0 (Daimi diş- EQUIA Forte) f. Skor=0 (Daimi diş- EQUIA Forte).....	63
Resim 13: Vickers cihazı (Vickers-Fm800, Tokyo, Japonya).....	64
Resim 14: Kesitlerden elde edilen Vickers görüntüleri a. Kompozit rezin b. Kemdent c. LED + kemdent d. EQUIA Forte e. LED+ EQUIA Forte.....	65

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Kompozit rezinlerin doldurucu partikül boyutlarına göre sınıflandırılması	37
Tablo 2 : Çalışmada kullanılan materyaller, üretici firmaları ve kimyasal içerikleri	52
Tablo 3: Çalışmada kullanılan mikrosızıntı değerlendirme skalası.....	62
Tablo 4: Mikrosızıntı değerlendirmesinde gözlemciler arası uyumun değerlendirilmesi	67
Tablo 5: Mikrosızıntı değerlendirmesi.....	68
Tablo 6: Grupların mikrosızıntı düzeylerinin post hoc değerlendirilmesi.....	69
Tablo 7: Mikrosertlik değerlendirme	72
Tablo 8: Grupların mikrosertlik düzeylerinin post hoc değerlendirilmesi.....	73

1. ÖZET

Kompozit Rezin, Cam İyonomer ve Isı ile İşleme Tabi Tutulmuş Cam İyonomer Dolgu Materyallerinin Mikrosızıntı ve Mikrosertlik Açısından İn Vitro Değerlendirilmesi

Öğrencinin adı: Buse Tansu GÜNDOĞAN

Danıman: Doç. Dr. Sertaç PEKER

Anabilim Dalı: Çocuk Diş Hekimliği

Amaç: Bu *in vitro* çalışmanın amacı, Sınıf II restorasyonlarda, konvansiyonel cam iyonomer siman ve yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın ısı uygulanmış ve uygulanmamış formlarının, kompozit rezin restorasyonla daimi ve süt dişlerdeki mikrosızıntı direnci ve mikrosertlik farklarının karşılaştırılmasıdır. **Gereç ve Yöntem:**

Çalışmada mikrosızıntı ve mikrosertlik testleri için, 57 adet insan daimi dişi, 82 adet insan süt dişi kullanılmıştır. Dişlerde sınıf II kaviteler oluşturulmuştur. Süt ve daimi dişler kendi içlerinde 5 gruba (n=10) ayrılmıştır. İlk iki gruba Diamond Carve 90 (Kement, Purton, İngiltere) uygulanmış, gruplardan birine D-Light Pro (GC, Tokyo, Japonya) LED ışık cihazı ile yüksek güç modunda ısı uygulanmıştır. Diğer iki gruba EQUIA Forte (GC, Tokyo, Japonya) uygulanmış, gruplardan birine LED ışık cihazı ile yüksek güç modunda ısı uygulanmıştır. Son gruba ise All-In-One Optibond (Kerr, Orange, ABD) ve Herculite XRV (Kerr, Orange, ABD) uygulanmıştır. Örnekler termal döngüye sokularak yaşlandırılmış, 24 saat distile suda, 24 saat %0.5'lik bazik fuksinde bekletilmiştir. Örneklerin mikrosızıntı skorlaması yapılmıştır. Yüzey pürüzsüzleştirilmesi yapılan örneklerin mikrosertlik değerlendirmesi Vickers cihazı (Vickers-Fm800, Tokyo, Japonya) ile yapılmıştır. İstatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Türkiye) programı kullanılmıştır. **Bulgular:** Süt ve daimi diş grupları arasında en düşük mikrosızıntı değerini EQUIA Forte ve ısı uygulanmış formu göstermiştir. Isı uygulanan ve uygulanmayan örnekler arasında mikrosızıntı açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır. Mikrosertlik değerlendirmesinde EQUIA Forte'un ısı uygulandığı grup ile diğer gruplar arasında anlamlı fark bulunmuştur. **Sonuçlar:** EQUIA Forte materyalinin ısı uygulamasıyla, süt ve daimi dişlerin Sınıf II restorasyonlarında başarısını artırma potansiyeline sahip olduğu gözlenmiştir. Elde edilen verilerin klinik uygulanabilirliğinin değerlendirilebilmesi için ileri çalışmalar gerekmektedir.

Anahtar sözcükler: Cam iyonomer siman, ısı uygulaması, mikrosızıntı, mikrosertlik

2. SUMMARY

In vitro Evaluation of Composite Resin, Glass Ionomer and Heat Treated Glass Ionomer Filling Materials for Microleakage and Microhardness

Student's Name: Buse Tansu Gündoğan

Supervisor: Doç. Dr. Sertaç Peker

Department: Pediatric Dentistry

Aim: The aim of this in-vitro study was comparing the microleakage resistance and microhardness differences between composite resin restoration with heat treated and untreated forms of conventional glass ionomer and high viscosity glass ionomer cements in Class II restorations which were formed in permanent and primary teeth.

Materials and Methods: For the microleakage and microhardness tests, 57 human permanent teeth and 82 human primary teeth were used. Class II cavities were formed in the teeth, and were divided into 5 groups (n = 10). The first two groups were applied Diamond Carve 90 , one of the groups were applied heat in high power mode with D-Light Pro LED light device, the other two groups were applied with EQUIA Forte, and lastly one was applied with heat in high power mode with LED light device. The last group was applied All-In-One Optibond and Herculite XRV. Samples were aged under thermal cycling, they were stored for 24 hours in distilled water and 0.5% basic fuchsin solution of for 24 hours. Microleakage scoring of the samples were performed. The microhardness of the samples made to the surface was smoothed with Vickers device. IBM SPSS Statistics 22 for statistical analysis program was used. **Results:** EQUIA Forte showed the lowest microleakage value between the tooth groups and heat applied form. There were no significant differences in microleakage between heat applied and untreated samples. In the microhardness assessment, there was a significant difference between the groups in which the EQUIA Forte were applied and the other groups. **Conclusion:** The application of heat from the EQUIA Forte material, it has been observed that primary and permanent teeth have the potential to increase the success in Class II restorations. Further studies are needed to evaluate the clinical applicability of the data obtained.

Keywords: Glass ionomer cement, application of heat, microleakage, microhardness

3. GİRİŞ VE AMAÇ

Günümüzde, toplumsal oral hijyen bilinci artmış olmasına rağmen hala oral hijyen alışkanlıkları yetersiz kalmaktadır. Bu tabloya eşlik eden şekerli gıda tüketimindeki artışla birlikte çürük prevelanslarında artış gözlenmektedir. Artan çürük prevelansları çocuk diş hekimlerine olan ihtiyacı artırmaktadır. Çocuk hastayla iletişimin ön planda olduğu çocuk diş hekimliği açısından hastanın ağrı kontrolünü sağlamak ve bunu yaparken tedavi seanslarını kısa tutabilmek oldukça önemlidir. Çocuk diş hekimleri için hastanın tedavisi iki yönlü olarak başarıya ulaşmaktadır. Hasta ağızında başarılı bir restorasyon yapmak ve bu sırada hasta deneyimini ustaca yönetmek hekimlerin temel hedeflerini oluşturmaktadır. Çocuk diş hekimlerinin klinik başarıları, her ne kadar hekimin çocukla olan iletişimdeki başarısına bağlı olsa da yapılan tedavinin başarısı kolay uygulanabilir ve güvenilir sonuçlar veren restoratif materyallerle mümkün olabilmektedir.

Çocuk diş hekimliğinde rutin olarak kullanılan direkt restoratif materyaller amalgamlar, cam iyonomer simanlar, kompomerler ve kompozit rezin restorasyon materyalleridir. Amalgamlar, restoratif materyaller olarak oldukça başarılı olmalarına rağmen içerdikleri cıvanın olası toksik etkileri ve diş rengindeki restorasyonlara artan talep sebebiyle günümüzde klinik kullanımları kısıtlı hale gelmiş materyallerdir. Kompozit rezin restorasyonlar, amalgamlara karşı güçlü ve estetik bir alternatif oluşturmaktadır. Bununla birlikte, uygulama tekniği zaman alan ve yüksek oranda nem duyarlılığı olan materyallerdir. İdeal klinik koşullarda tercih edilen materyaller olabilirler. Ancak nem kontrolünün ideal olarak sağlanamadığı koşullarda klinik olarak oldukça başarısız materyaller haline gelmektedirler. Bu nedenle nem kontrolünün mükemmel olarak sağlanması güç olan çocuk diş hekimliğinde cam iyonomer simanların kullanımı ön plana çıkmaktadır (Cohen, 2011).

Cam iyonomer simanlar, dişin mine ve dentin dokularına kimyasal olarak bağlanmaları, florür salınımı yapmaları, florür deposu olarak hizmet vermeleri ve buna bağlı olarak antikaryojenik özellik göstermeleri, dişe benzer termal ekspansiyon katsayısına sahip olmaları ve buna bağlı olarak diş dokularıyla termal uyumluluk göstermeleri, mine yüzeyinde düşük büzülmeye bağlı olarak minimal mikrosızıntı

göstermeleri, monomer içermemeleri ya da düşük oranda içermelerine bağlı olarak düşük sitotoksinite yaratan biyoyumlu materyeller olmaları nedeniyle günümüzde diş hekimliğinde geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Ancak aşınma direçlerinin düşük olması, çalışma zamanlarının kısa, sertleşme sürelerinin uzun olması; kırılmaya ve sertleşme sırasında nem kontaminasyonuna duyarlı yapıları ve erken dönem nem kontaminasyonu engellenemedği takdirde ağız sıvılarında çözünmelerine bağlı olarak yüksek oranda mikrosızıntı gösterebilmeleri sebebiyle direkt restoratif materyal olarak kullanımları kısıtlanmaktadır (Nicholson, 1998).

Cam iyonomer simanların mekanik dezavantajlarının giderilmesi için bir çok çalışma yapılmış ve geliştirilmiş konvansiyonel cam iyonomer simanlar üretilmiştir. Son zamanlarda klinik koşullarda hizmet verilmesi mümkün olmayan hastalarda uygulanan atravmatik restorasyon tekniğiyle tedavi edilen hastalarda, daimi azı dişlerinin restorasyonlarında önemli bir başarı sergileyen yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar, cam iyonomer simanların süt ve daimi dişlerin daimi restorasyonlarında kullanılabilirlikleri üzerinde yapılan çalışmaları artırmıştır. Cam iyonomer simanların mekanik özelliklerini iyileştirme çalışmaları, sertleşme reaksiyonları sırasında ısı uygulamasının, materyalin mekanik özelliklerini artırabileceği yönünde bir görüş ortaya çıkarmıştır (Menne-Happ ve Ilie, 2014).

Çalışmamızda sertleşme reaksiyonları sırasında ısı uygulaması ile yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların, konvansiyonel cam iyonomer simanlara ve kompozit rezin restorasyonlara göre Sınıf II kaviterlerde mikrosızıntıyı önleme kapasitelerindeki ve mikrosertliklerindeki değişimlerin in vitro koşullarda karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda sertleşme reaksiyonu sırasında ısı uygulaması ile yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların, klinik başarımın oldukça güç sağlandığı Sınıf II kaviterlerde, süt ve daimi dişlerin daimi restorasyonlarında, kompozit rezin restorasyonlara alternatif olarak tercih edilebilecek mikrosızıntı direnci ve mikrosertlik değerleri elde edilmesi amaçlanmıştır.

4. GENEL BİLGİLER

4.1. Diş Çürüğü

Diş çürüğü, mikrobiyal dental plakta bulunan karyojenik plak bakterilerinin enerji elde edebilmek için karbonhidratları fermente etmesi sonucu oluşturdukları organik asitlerin, dişin mine, dentin ve sement dokularının mineralize yapısında çözünme meydana getirmesiyle ortaya çıkan enfeksiyöz bir hastalıktır (Tay ve Pashley, 2003; Roberson ve ark., 2006).

Diş çürükleri oral kavitenin en yüksek prevalansla görülen hastalıklarından biridir. Bu prevalans yetersiz oral hijyen alışkanlıkları, karbonhidrat ağırlıklı beslenme, aynı zamanda sosyoekonomik ve kültürel faktörlerden de etkilenmektedir (Peres ve ark., 2016).

4.2. Süt dişlenmede görülen çürük lezyonları

Süt dişlenmede çürük lezyonlarının görülme sıklığı sırasıyla alt süt azı, üst süt azı ve üst süt kesici dişler şeklindedir. Erken çocukluk çağı çürükleri dışında nadiren alt süt keser dişlerde ya da süt dişlerinin bukkal ve lingual yüzeylerinde de çürük lezyonları görülebilir.

Üst çene ve alt çene olmak üzere her iki arkta yer alan birinci süt azı dişlerin çiğneme yüzeyleri daha erken sürmelerine rağmen çürüğe daha az duyarlıdır. Bu durum birinci süt azı dişlerinin okluzal morfoloji farkına bağlıdır. İkinci süt azı dişleri genelde daha derin pit ve fissürlere sahiptir.

Ara yüz çürükleri genellikle keser ve azı dişlerde proksimal kontaklar kurulana kadar başlamazlar. Proksimal bölgelerde başlayan çürükler, okluzal çürükler ve düz yüzey çürüklerine göre çok daha ileri seviyelerde teşhis edilir. Okluzal ve düz yüzey çürüklerine göre çok daha hızlı ilerleme gösterir ve çok daha yüksek oranlarda pulpa perforasyonuna sebep olur. Bu yüzden ara yüz çürükleri restoratif olarak en çok müdahale edilen çürükler olarak tanımlanmaktadır (Ekstrand ve ark., 2011), (Novaes

ve ark., 2009). Bu gerçek süt azılar arasında kontakt kurulduktan sonra düzenli olarak radyografik muayenenin yapılmasını gerekli kılar (McDonald RE, 2000).

Greenwell ve arkadaşlarının 7-8 yaş grubunda 317 çocuk hasta ile yapmış oldukları çalışmanın sonucunda süt dişlenme döneminde ağızda çürük bulunmayan çocukların %84'ünün karma dişlenme döneminde yapılan muayenelerinde de çürük gözlenmemiştir. Süt dişlenme döneminde pit ve fissür çürüğü bulunan çocuklarda ise çürüksüz çocuklara göre düz yüzey çürük oluşum oranının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ara yüz çürüğü bulunan çocukların ise %75'inin karışık dişlenme döneminde ara yüz çürük sayılarında artış gözlenmiştir (Greenwell AL, 1988).

4.3. Süt Dişlerinde Kullanılan Restoratif Materyaller

Süt dişlerinin morfolojik ve histolojik özelliklerinin daimi dişlerden farklı olması, restoratif materyal gereksinimlerinin de farklı olmasını gerektirir. Süt dişlerinin mine ve dentin kalınlığının ince olması, tüberküller arası ve okluzal mesafenin küçük olması, proksimal kontakların düz olması, servikal mine rodlarının okluzale doğru yönelmesi ve kronun servikal bölgede aniden daralma göstermesi süt dişlerine uygulanan restorasyonların başarısını önemli ölçüde etkilemektedir (Committee, 2009).

Amalgam dolguların, oldukça uzun ömürlü bir restoratif materyal olmasına rağmen (Wong, 2016), estetik olarak zayıf olmaları, kavite retansiyonun sağlanabilmesi için özel kavite preparasyonu gerektirmeleri ve bu preparasyonların invaziv bulunması, bunlara ek olarak toksik bileşenlere sahip olması (Lu ve ark., 2006) ve çevre kirliliği yaratmaları sebebiyle kullanımları her geçen gün azalmaktadır. Amalgam dolguların bu dezavantajları, minimal invaziv yaklaşımlarla sağlam diş yapısının korunmasına olanak sağlamaları, uygulandıklarında dişin yapısına adezyon göstermeleri ve estetik olmaları sebebiyle, kompozit rezinlere ve cam iyonomer simanlara olan ilgiyi artırmıştır. Kompozit rezin ve cam iyonomer simanların bu özellikleri kavite preparasyonunu sadece çürük alanın temizlenmesi şeklinde sınırlandırarak sağlam diş yapısının korunmasını sağlayan, daha konservatif tekniklerin uygulanmasına izin verir. Her ne kadar kompozit rezinler oldukça olumlu mekanik ve estetik özelliklere sahip olsalar da cam iyonomer simanlara göre fazla

sayıda ve yüksek nem hassasiyetinin eşlik ettiği daha hassas uygulama teknikleri gerektirir. Buna bağlı olarak rubber dam kullanımının mümkün olmadığı, izolasyonun tam olarak sağlanamadığı ve hasta uyumunun yetersiz olduğu durumlarda genellikle kompozit rezin restorasyonlar ilk tercih olmamakta, onların yerine cam iyonomer simanlar tercih edilmektedir (Berg ve Croll, 2015). Cam iyonomer simanların kompozit rezinlere göre daha hızlı uygulanabilmeleri, ağız ortamına florid salınımı yapmaları ve dişe adezyon göstermeleri bu materyalleri çocuk diş hekimliği açısından önemli restoratif materyaller haline getirmektedir (Almuhaiza, 2016).

Daimi dişlerin restorasyonu için kompozit restorasyonlar, kompomer ve cam iyonomer simana göre aşınma direnci ve estetik stabilite açısından daha avantajlıdır. Ancak aşınma direnci ve estetik stabilite gibi gereklilikler süt dişleri için değişkenlik gösterebilmektedir. Süt dişleri ağız içerisinde kısıtlı bir ömre sahiptirler ve süt dişlerinin mine dokusu daimi dişlere göre daha az aşınma direnci göstermektedir. Buna ek olarak süt dişlerinde ara yüz çürükleri oldukça yüksek prevalansla görüldükleri için florid salınımı yapan bir restorasyon çok daha etkili olacaktır. Restoratif materyal seçiminde çocukların yaşı, çürüğün genişliği ve potansiyel ağız hijyeni değerlendirmesi uygun materyalin seçiminde dikkate alınmalıdır (Croll ve ark., 2001).

Süt dişlerinde, daimi ve geçici olarak kullanılabilen direkt restoratif materyalleri;

- a. Amalgam,
- b. Silikat siman,
- c. Cam iyonomer siman,
- d. Kompomer ve
- e. Kompozit rezin restorasyon olacak şekilde 5 ana başlık altında toplamak mümkündür.

4.3.1. Amalgam

Dental amalgam; gümüş, bakır, kalay ve cıva gibi metallerin karışımından oluşan restoratif bir materyaldir (Beazoglou ve ark., 2007).

Çiğneme kuvvetlerine dayanıklılıkları sebebiyle günümüze kadar posterior çürüklere en çok uygulanmış restoratif materyal amalgamdır. Klinik olarak neredeyse mükemmel hizmet vermekte olan amalgamın diğer restoratif materyallerin aksine kullanıldıkça kenar sızıntısı azalmaktadır. Dişle restorasyon arasında herhangi bir adezyon bulunmaması sebebiyle var olan mikro boşlukları, amalgamın koroziv ürünleriyle doldurmasıyla elde ettiği marjinal tıkama, amalgamı diğer restoratif materyallere göre oldukça üstün kılmaktadır. Ayrıca amalgam restorasyonlar direkt restoratif materyaller arasında en az uygulama tekniği gerektiren materyallerdir.

Ancak dişte renklenmeye sebebiyet vermesi, estetik olmaması, ısıyı iletmesi, cıva toksisitesi ve diş dokularına adezyon göstermedikleri için restoratif kutu şeklinde kavite preparasyonu gerektirmeleri nedeni ile fazla miktarda sağlıklı dokunun zarar görmesi kullanımını kısıtlamaktadır (McDonald RE, 2000).

4.3.2. Silikat Simanlar

19. yüzyılın ilk yarısında amalgam, altın ve porselenin restoratif materyal olarak geliştirilmesi, yapıştırma ve taban maddesi olarak dental simanların ve estetik restoratif materyallerin geliştirilmesinin önünü açmıştır (Smith, 1998).

Döküm altın restorasyon tekniklerinin popülaritesinin artmasıyla birlikte dental simanların kullanımı yaygınlaşmıştır. Simanların estetik özelliklerinin geliştirilmesiyle elde edilen bir dolgu materyali olan silikat simanlar, 1873 yılında, İngiltere’de, Thomas Fletcher isimli bir bilim adamı tarafından geliştirilmiştir. Materyalin yaygın olarak kullanımı 1900’lü yıllarda başlamıştır ve daha sonra materyalin florid içerikli bir tipi üretilmiştir.

Silikat simanlar özellikle saydam oldukları için dolgu materyali olarak tercih edilmişlerdir. Özellikle ön diş estetik restorasyonlarında başarılı bir şekilde kullanılmış olmalarına rağmen, fosfat bağlı simanlar grubunda yer alan silikat simanlar da bu gruba ait sıkıntılara sahiptir. Mekanik özellikleri yüksek oranda

likitlerinde bulunan fosforik asitle su oranına bağlıdır ve metal fosfat bağlama matriksi, olumsuz oral koşullar altında bozulabilir. Daha da önemlisi, tamamen sertleşmeden önce simanda bulunan fosforik asidin pulpa üzerindeki irritan etkisi, ağrıya ve doku hasarına neden olur (Mount, 2003).

Hibrit siliko-fosfat simanlarsa daha çok simantasyon işlemleri için geliştirilmişlerdir (Wilson, 1972). 19. Yüzyılın ilk çeyreği biterken çinko fosfat siman, çinko oksit öjenol ve silikat simanlar olmak üzere 3 siman tipi; inley, kron, post, köprü ve ortodontik bantların simantasyonunda, taban maddesi olarak ve dolgu materyali olarak belirlenmiştir. Üzerinden 50 yıl geçmesine rağmen bu materyaller yerlerini korumuşlar ve değiştirilmemişlerdir. Toz-likit oranı ve karıştırma koşulları gibi değişkenlerin, dayanıklılık ve çözünürlük gibi özellikleri üzerindeki etkisi anlaşıldıktan sonra; klinik kullanımı fiziksel parametreler açısından ve dental materyalin asiditesinin pulpa üzerindeki etkisi gibi biyolojik etkileri açısından optimize edilmiştir. Çok az klinik dayanıklılık çalışması yayınlanmış olmasına rağmen, hassas manipülasyon teknikleri belirleyerek bu malzemelerden makul bir performans elde edilmiştir (Smith, 1998).

4.3.3. Cam İyonomer Simanlar

Diş hekimliğinde kullanılan konvansiyonel dental materyallere göre dişin mine ve dentinine adezyonu, iyi bir estetiğe sahip olması ve uzun dönem florür salımı sebebiyle birçok avantaja sahip olan cam iyonomer simanlar diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılan restoratif materyallerdir. Ancak bu materyallerin düşük aşınma dirençleri, kırılgenlıkları ve düşük dayanım güçleri sebebiyle klinik uygulamaları kısıtlıdır (Kleverlaan ve ark., 2004).

4.3.3.1. Cam iyonomer simanların tarihi

1950'lerde İngiltere'de bir grup bilim adamı ve diş hekimi, yeni restoratif materyallerin bulunması için yapılan çalışma sayısının yetersiz olması sebebiyle bu alandaki çalışmalara ağırlık vermişlerdir. Bu çalışmalarla geliştirilecek olan restoratif materyalin sadece "dolgu" olarak kabul edilmemesi aynı zamanda mine ve dentin dokularının yerine geçebilecek özelliklere sahip olması beklenmekteydi. Amaçları ise

termal, mekanik ve optik özellikleri diş ile uyuşan ve aynı zamanda tedavi edici etkisi olan bir materyal geliştirmektir.

Bu araştırmalar sonucunda ilk önce mevcut silikat simanların iyileştirilmesine çalışılmıştır. Pulpa üzerinde sedatif etkisi olduğu bilinen çinko oksit öjenol simanlarda, likit için öjenol yerine polialkenoik asit kullanılmıştır. Elde edilen simanın hem diş yapısına hem de kullanılan protetik malzemelere adezyon gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak fiziksel özellikleri hedeflenen ideal özellikleri karşılayamadığı için bu açıdan sınıfta kalmıştır (Mickenausch ve ark., 2011).

Polialkenoik asit kullanımından vazgeçilmeden simanın tozunda değişiklikler yapılmak suretiyle yapılan denemeler sırasında, bu materyallerin ıslanabilirlik için diş yüzeyindeki nem ile mücadele etmesi, aynı zamanda suda çözünmeye dirençli olması gerektiği, bu yüzden de dental adezivlerin hidrofilik olması gerektiği fark edilmiştir. Çünkü polialkenoik asit gruplarının hem iyonik hem polimerik olmasının işlevsel olduğu görülmüştür.

Polialkenoik asidin karboksil grupları, fosfat iyonlarının diş yüzeyinden ayrılmasıyla hidroksiapatit kristallerin yapısına girerek, diş yüzeyiyle bağ oluşturmalarını sağlayan temel ajanlarıdır. Dolayısıyla, adezyon, kovalent bağlarla bağlanmış çok sayıda adeziv grubun geliştirilmesi nedeniyle kalıcıdır. Adezyonun kaybolması için tüm bağların aynı anda kırılması gerekir. Bununla birlikte bağlardan biri kırılırsa diğer bağlar sağlam olduğu sürece kopan kovalent bağ yeniden oluşturulabilir (McLean ve Wilson, 1977).

Wilson ve ekibi, klinik gereksinimlerle uyumlu bir malzeme bulmak için toz olarak cam tozu ve likit olarak polialkenoik asit kullandıkları bir karışım üzerinde çalışmalarını devam ettirmişlerdir. Wilson'un bu karışıma tartarik asit eklemesi ile alüminyum iyonlarının çökmesinin kontrol edilebildiği bulunmuştur (Wilson, 1991). Sonuç olarak piyasa ismi ASPA II (alümino-silikat poliakrilik asit) olan klinik olarak kullanışlı bir dental materyal bulunmuştur. Klinik çalışmalar 1972 yılında başlamış, 1975 yılında Amalgamated Dental (Londra, İngiltere) tarafından De Trey ASPA II olarak piyasa sürülmüştür (Mickenausch ve ark., 2011).

Gelinen bu noktadan sonra diğer üretici firmalar ASPA II'nin; fiziksel özelliklerini, ışık geçirgenliğini ve estetik özelliklerini geliştirmeye yönelik çalışmalar

yapmaya devam etmişlerdir. GC Company (Tokyo, Japonya) 1977 yılında kurmuş oldukları bir ar-ge ekibiyle, Fuji markası altında bir seri materyal üretimi yapmıştır. Eş zamanlı olarak The ESPE (3M, Almanya) firması; Ketac isimli cam iyonomer simanlarını geliştirmiştir. Geleceğe yönelik önemli bir adım olarak The ESPE cam iyonomer simanı kapsüle ilk yerleştiren firma olmuştur. Toz ve likit halinde üretilen her materyalde olduğu gibi cam iyonomer simanlar için de toz-likit oranı oldukça önemlidir ve kapsül ile karıştırma, hekim için maliyeti artırmasına rağmen, bu sıkıntı için oldukça önemli bir çözüm yöntemi olmuştur. Her iki şirket de yaptıkları çalışmalar sonucunda bileşenlerin özelliklerini modifiye etmiş ve malzemelerinin özellikleri istikrarlı bir şekilde geliştirmişlerdir (Davidson, 1998).

Cam iyonomer simanlar diş dokularıyla ve tükürükle iyon alışverişi (fluorid, sodyum, fosfat ve silikat) yapan ilk biyoaktif restoratif materyallerdir. Ancak mine ve dentin dokularının birebir yerine geçebilecek bir materyal geliştirmek için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir (Mickenautsch ve ark., 2011).

4.3.3.2. Konvansiyonel cam iyonomer simanların toz ve likit İçerikleri

Cam iyonomer simanlar (cam-polialkenoat simanlar); asidin polialkenoik asit olduğu ve bazın fluoroalüminosilikat cam olduğu, asit-baz içerikli materyallerdir (Gorseta ve ark., 2012).

Kimyasal olarak cam iyonomer simanın tozunda kullanılan camlar silikat simanlarda kullanılan camlarla oldukça benzer özelliklere sahiptir. Yakın zamana kadar sadece kalsiyum alümina silikat olan cam partiküllerinde kalsiyumun bir kısmının veya tamamının, stronsiyum veya lantan iyonlarıyla değiştirilmesiyle materyalin radyoopasite kazanması sağlanmıştır. Al-Si oranının belli bir seviyenin üstünde olması koşuluyla üretilen bu tozlarda, cam partikülleri asit içerisinde ayrışacak ve simanı oluşturacak iyonları bırakacaktır. Simanın dayanıklılığının ve yarı saydam özelliğinin artması için, cam füzyon sıcaklığının düşürülmesi gerekmektedir (Mount, 2003). Bu yüzden florür materyalin toz bileşenlerinde yer alan camın üretimi sırasında akışkanlık artırıcı olarak kullanılmıştır. Bu florürü kimyasal reaksiyonun önemli bir parçası haline getirir (Gorseta ve ark., 2012). Bütün cam iyonomer siman tozları belli bir seviyede florür içermek zorundadırlar.

Başarılı bir cam iyonmer simanı oluşturan iki temel cam tipi: $SiO_2-Al_2O_3-CaO$ ve $SiO_2-Al_2O_3-CaF_2$ dir. Genellikle florür Na_3AlF_6 şeklinde toza akışkanlık artırıcı olarak eklenir (Mount, 2003).

Silikat simanlar üzerinde yapılan çalışmalarda yapılan en büyük atılım, bazı polialkenoik asitlerin camla karıştırıldığında sadece bir siman üretmeyeceği, aynı zamanda diş yapısıyla iyon değişimi yapabiliyor olması gerçeğiyle ortaya çıkmıştır. Cam iyonmer simanların likidi ikonik asit, maleik asit, diğer monomerler ve bunlara eşlik eden polimerlerden oluşmaktadır. Üretici firmalar poliakrilik asitleri her zaman likidin ana bileşeni olarak kullanmamakta bazen dehidrate edilmiş formunu toza eklemekte, likidi su veya sulu bir tartarik asit çözeltisi olarak kullanabilmektedirler. Likidin susuz formunda yüksek moleküler ağırlıklı polialkenoik asitler kullanılmaktadır ve likidin bu formda kullanıldığı cam iyonmer simanların dayanıklılık, kırılma ve aşınma direnci gibi fiziksel özellikleri çok daha yüksek olmaktadır. Öte yandan sertleşme süresi hızlanmakta ve çalışma süresi azalmaktadır. Wilson ve Crisp' in likitte tartarik asit kullanımıyla cam iyonmer simanlar için büyük bir gelişme kat edilmiş; erken kalsiyum poliakrilat zincirlerinin oluşumu önlenerek çalışma süresi uzatılmış, alüminyum poliakrilat zincirlerinin oluşumu artırılarak sertleşme oranı arttırılmış, ek olarak erken dönem fiziksel özelliklerinde olumlu etki elde edilmiştir. Günümüzde üretici firmalar tartarik asidi tüm likit formülasyonlarına %5-10 seviyesinde eklemektedirler (Mount, 2003).

4.3.3.3. Konvansiyonel cam iyonmer simanların sertleşme reaksiyonları

Konvansiyonel cam iyonmer simanların sertleşme reaksiyonu, parçalanabilir bir alümino-silikat camı ve sulu bir polialkenoik asit çözeltisi arasında gerçekleşen asit-baz reaksiyonu dizisidir (Davidson ve Mjör, 1999; Kleverlaan ve ark., 2004). Birbiri ardına süregelen bu reaksiyon dizisi 4 aşamadan oluşur.

İlk aşama toz ve likit şeklindeki iki bileşenin karıştırılmasının ardından polialkenoik asit içerisinde cam tozlarının ayrışmasıyla başlar. Polialkenoik asit alüminosilikat cam yapısına atak yapar ve indirger. Böylece cam partiküllerin yüzeyinde çözünme gerçekleşir; metal iyonları (Al^{+3} , Na^{+1} , Ca^{+2}), florür ve silisik asit salınır. (Salınan bu silisik asit daha sonra cam partiküllerini çevreleyen silika jel içerisinde yoğunlaşacaktır.) Sıvı haldeki toz-likit bileşenin pH'ı arttıkça,

polialkenoik asit iyonlaşır ve camdan serbestleşen katyonların ortamdaki çözeltiye geçişine yardımcı olacak bir elektrostatik bir alan yaratır.

Çözeltiye salınan katyonların, önce Ca^{+2} , sonra Al^{+3} olacak şekilde, karboksilat grupları ile şelasyona uğraması ve polialkenoik asit zincirlerine çapraz bağlanmasıyla ikinci aşama olan şelasyon evresi başlar. Bu zincirlerin restorasyonun ömrü boyunca kırılacağı ve yeniden şekillenebileceği belirtilmiştir. Cam iyonomer simanın olgunlaşması, daha fazla kalsiyum ve alüminyum zincirlerinin oluşmasıyla devam eden ve zaman alan bir süreçtir.

Cam tozunun yüzey tabakası asitle reaksiyona girerken, ana yapı (çekirdek) sağlam kalmaktadır. Cam yüzeyinde çözülme gerçekleşmektedir ve çözülmeyen tuzlar önce sol olarak, sonra da bir jel olarak şelasyon yapmaktadır. Cam partiküllerinin yüzey tabakası silisyumdan zengin bir tabaka haline gelmektedir. Daha sonra simanın matriksi ile cam partikülleri arasında, cam parçacıklarının her birini çevreleyen, bir silika jel tabakası veya başka bir şekilde ifade edecek olursak silisli bir hidrojel dairesel alan oluşacaktır. Oluşan bu alanın cam iyonomer simanın asit saldırısına olan direncini artıracığı düşünülmektedir (Davidson ve Mjör 1999; Mount 2003).

Kimyasal reaksiyonunun son aşamalarında Ca ve Al tuzlarının hidratize olması sonucunda, metal iyonları çözünemez bir faza geçerek üçüncü aşama olan sertleşme fazını başlatır. Bu süreç simanın sağlamlığı ve translüsensinin gerçekleştiği faz olarak kabul edilir (Davidson ve Mjör, 1999).

Maturasyon fazı ise cam iyonomer simanın sertleşme reaksiyonlarının dördüncü aşaması olarak, sertleşme gerçekleşikten sonra devam eden reaksiyonlar dizisidir. Bu aşamada cam iyonomer simanın bağlanma kuvveti artar. Bağlanma kuvvetinin önemli bir kısmı ilk 24 saat sonunda elde edilse de katyonların difüzyonuna bağlı olarak ilk birkaç ay devam eder (Khoroushi ve Keshani, 2013).

Şelasyonun ardından, katyonlar polianyon zincirlerine bağlanarak hidrasyon reaksiyonlarını gerçekleştirirken, aynı zamanda siman sertleşip olgunlaşırken, cam parçacıkların çevresinde silisli bir hidrojel oluşmaya devam edecektir. Bununla birlikte cam iyonomer simanların su dengelerinin tam olgun ve stabil bir forma erişebilmeleri, hızlı sertleşen tipleri için en az 2 hafta ve yavaş sertleşen geleneksel estetik simanlar için 6 ay boyunca devam etmektedir.

1982 yılında Cook, hem alüminyum hem de kalsiyum iyonlarının camdan transferinin en az 5 hafta devam edeceğini, bu sırada simanın hem dayanıklılığının hem de sağlamlığının artacağını öne sürmüştür. 1991 yılında Fricker tarafından aslında cam iyonomer simanların olgunlaşma reaksiyonlarının muhtemelen hiç durmadığı özellikle de alüminyum iyonlarının sürekli anyonik alanlar arayarak yavaş yavaş yayılmaya devam ettiği öne sürülmüştür.

Sertleşen simanın nihai mikro yapısı, kalsiyum ve alüminyum polialkenoat matrisine gömülmüş ve partikül sınırının hemen dışında oluşan silisli bir jel tabakasıyla kaplı kısmen parçalanmış cam partikülleri şeklindedir (Mount 2003).

Cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonlarını iki bölümde değerlendirmemiz de mümkündür. İlk bölüm; ayrışma, şelasyon ve sertleşme olmak üzere ilk üç aşamayı kapsayan, klinik kullanıma uygun bir materyal haline geldiği bölümdür ve karıştırmadan sonraki ilk 10 dakika içerisinde gerçekleşir. İkinci bölüm ise; Ca^{+2} ve Al^{+3} katyonlarının matris içerisinde salınmasını içeren, asit - baz reaksiyonunun yavaş ve uzun süreli bir devamı olarak tanımladığımız maturasyon fazıdır (Kleverlaan ve ark., 2004).

Kimyasal reaksiyonunu tamamlamış bir cam iyonomer simanın %11-24 ünün su olması bu materyali aynı zamanda su bazlı bir materyal yapmaktadır. Bu suyun bir miktarı dehidratasyonla hızla kaybedilen “zayıf bağlı” su, bir kısım bir kısmı ise sabit kalan ve olgunlaşma reaksiyonu için oldukça önemli kabul edilen “sıkı bağlı” su olarak ikiye ayrılır (Mount, 2003).

İlk aşama sırasında, kalsiyum poliakrilat zincirlerinin suda oldukça çözünür bir halde kalması, olgunlaşmamış simana daha fazla su alınabileceği anlamına gelmektedir. İkinci aşamada (maturasyon) ise simanın havayla temasıyla zayıf bağlı suyun buharlaşma ile uzaklaşma potansiyeli sebebiyle malzeme su kaybına karşı çok hassastır. Bu su kaybı ve su emilimi problemi, yani materyalin kendi içerisindeki su dengesi, cam iyonomer simanlarla ilgili en önemli ve en az anlaşılan problemdir. Suyu kısa süreli hassasiyet, materyal yüzeyinin yumuşamasına ve bunun sonucunda düşük aşınma direncine sebep olmakta, cam iyonomer simanların dental uygulamalar için hedeflenen yüksek potansiyelini sınırlamaktadır (Kleverlaan ve ark., 2004).

Konvansiyonel cam iyonomerlerin su dengesiyle ilgili sıkıntısının giderilmesi için yapılan çalışmalar sonucunda; üretim sırasında cam partiküllerinin yüzeyindeki

kalsiyum iyon fazlalıklarının asit banyosuyla uzaklaştırılmasıyla hızlı sertleşen cam iyonomer simanlar geliştirilmiştir. Böylece alüminyum iyon değişimi sertleşme sürecinin erken safhalarında başlamış ve su emilimi problemi azalmıştır. Nihai fiziksel özellikler geliştirilmiş ancak yarı saydamlık azalmış veya kaybolmuş ve materyalin hava ile teması uzun bir süre devam edecek olursa dehidratasyonla su kaybının mümkün olduğu gözlenmiştir (Mount, 2003).

4.3.3.4. Konvansiyonel cam iyonomer simanların diş dokularına bağlanma mekanizması

Cam iyonomer simanların en önemli özelliği, iyon değiştirme mekanizması ile dişin mine ve dentin tabakalarına adezyon göstermeleridir (Mickenausch ve ark., 2011). Adezyon iki aşamada gerçekleşmektedir. İlk aşamada; poliakrilik asit dentin yüzeyinde bir demineralizasyon oluşturur ve kolajen fibrillerin hibridizasyonu ile mekanik bir kilitleme elde edilir. İkinci aşamada ise; poliakrilat iyonları ile, hidroksiapatit yapısındaki kalsiyum ve fosfor iyonları yer değiştirerek kimyasal bağlanma gerçekleştirirler (Davidson ve Mjör, 1999). Oluşturulan bu kimyasal bağlar, kovalent bağlarla bağlanmış çok sayıda adeziv gruptan oluşmaktadır. Oluşan bu bağlardan herhangi birinin tek başına kesilmesi adezyonu başarısızlığa uğratmaz. Çünkü bu bağlanma dinamik bir yapıya sahiptir, diğer bağlar sağlam olduğu sürece kopan kovalent bağlar tekrar oluşturulabilir (McLean ve Wilson, 1977).

İn vitro koşullarda cam iyonomer simanların, kompozit rezin restorasyonlara göre düşük çekme dayanımı göstermelerinin sebebi; oluşturulan bu kovalent bağların kopmasıyla gerçekleşen adeziv kopma değil, restorasyonun mekanik özelliklerinin eksikleri sebebiyle oluşan koheziv kopmadır. Bu yüzden materyal ne kadar güçlü olursa çekme dayanım kuvveti o kadar yüksek olacaktır (Mount, 2003).

Dentinin daha az inorganik komponent içermesi ve morfolojik olarak daha homojen olması nedeniyle cam iyonomer simanın dentine bağlanması daha zayıftır (Davidson ve Mjör, 1999). İyon değişiminin gerçekleşebileceği durumda olan bir diş yüzeyi geliştirmek için kavite yüzeyinin temizlenmesi, smear tabakasından arındırılması gerekir. Bu amaçla kavite yüzeyine 10-15 saniye boyunca % 10'luk poliakrilik asit

uygulanarak ve sonra kuvvetlice yıkanarak; temiz ve iyon alışverişine uygun mineralize bir dentin yüzeyi elde edilir (Mount, 1991).

4.3.3.5. Konvansiyonel cam iyonomer simanların florür salınım mekanizması

Cam iyonomer simanların florür salınımı sertleşme reaksiyonu sırasında gerçekleşen bir durumdur. Sertleşme reaksiyonu sırasında florürün bir kısmı camdan, matriks içerisine serbest mikro damlacıklar biçiminde salınır. Ancak florür partikülleri bu fiziksel oluşumda herhangi bir rol oynamaz. Matriks içerisinde daha fazla florür tutulur ve daha sonra gerçekleşecek olan florür salınımının çoğu, materyalin dış ile gerçekleştirdiği iyon alışverişi sonucunda gerçekleşir. Böylece florür restorasyondan matriks dışına sızabilir ve kimyasal reaksiyonunu tamamlamış restorasyonun fiziksel özelliklerinde hiçbir değişiklik yapmadan restorasyona geri dönüş yapabilir. Bu, cam iyonomerin herhangi bir formunda florür haznesi olarak kabul edilebileceği anlamına gelir (Gorseta ve ark., 2012).

Cam iyonomer simanlardan florür salınımı sertleşme reaksiyonunun başlangıcında oldukça yüksektir ancak reaksiyonunun tamamlanmasına doğru florür salınımı hızlı bir düşüş gösterir ve tamamlandığında hafif antibakteriyal etki gösterebilecek bir seviyeye düşer. Restorasyonun yüzeyinden florür iyonları salınır, iyon dengesinin sağlanabilmesi için kalsiyum ve fosfat iyonları absorbe edilir (Mickenautsch ve ark., 2011).

1988 yılında yayımlanan bir çalışmada ise cam iyonomer simanın dış dokusuna sadece florür değil aynı zamanda kalsiyum ve fosfat iyonları da saldıgı gösterilmiştir (Purton ve Rodda, 1988). Materyalin radyoopasite kazanması için yapılan çalışmalarda kalsiyum iyonu yerine stronsiyum iyonu koyulmuştur. Yapılan bu klinik deneylerde stronsiyumun, birebir miktarlarda veya bir miktar daha az olacak şekilde kalsiyumun yerine geçebildiği ve stronsiyumun da kavite tabanındaki dentinin demineralize dokularının derinliklerine geçebildiği gözlemlenmiştir. Bu, cam iyonomer simanların remineralizasyon etkisini doğrulamıştır (Ngo ve ark., 2006).

4.3.3.6. Cam iyonomer simanların klinik kullanımları

Cam iyonomer simanların diş hekimliğinde kullanım alanları oldukça geniştir. Süt ve daimi dişlerde kullanım endikasyonları değişiklik göstermektedir. Özellikle süt dişlerde daimi restoratif materyal olarak sıklıkla tercih edilmektedir. Daimi dişlerde ise tek başlarına ve daha çok kompozit rezin restorasyonlarla kombine olarak bir çok restoratif ihtiyacı etkin bir şekilde karşılamaktadır. Bunun yanında fissür örtücü olarak, kavite taban maddesi olarak, ortodontik bantların yapıştırılmasında ve paslanmaz çelik kron simantasyonunda olmak üzere çok geniş bir yelpazede klinik hizmet vermektedirler (Sidhu ve Nicholson, 2016). Klinik kullanım amaçlarına bağlı olarak, cam iyonomer simanların birçok sınıflandırması bulunmakla birlikte en çok kabul gören, en yaygın kullanılan sınıflandırma Wilson ve McLean 'in 1988 yılında yapmış olduğu sınıflandırmadır:

Tip I: Yapıştırıcı cam iyonomer simanlar- kron, köprü, inley ve ortodontik bant ve braket simantasyonunda kullanılırlar.

Tip II: Restoratif cam iyonomer simanlar

- Okluzal kuvvet yükünün minimal olduğu her türlü estetik restorasyonda kullanılabilen estetik tip:

Mükemmel renk aralığı ve yarı saydamlık elde edilmiş cam iyonomer simanlardır. Konvansiyonel ve rezin modifiye olabilirler. Kimyasal reaksiyonla sertleşen cam iyonomer simanlar uzun süreli sertleşme reaksiyonu sebebiyle kaviteye uygulandıktan sonra en az 24 saat kadar su kaybına ve su alımına hassas olurlar. Resin modifiye cam iyonomerler ise su alımına ve kaybına karşı dirençlidir, erken dönem nem hassasiyeti göstermemektedirler.

- Yüksek fiziksel özellik gereken, estetiğin önemli olmadığı restorasyonlarda kullanılabilen güçlendirilmiş tip:

Su alımına erken direnç gösterir ve hızlı sertleşirler. Uygulama sonrasında hemen dental işlem görebilir ve cilalanabilirler. Kaviteye yerleştirme işleminden 2 hafta sonra dehidratasyon açısından risk taşımaktadırlar.

Tip III: Kavite taban maddesi (Mount, 2003) :

Cam iyonomer simanların klinik kullanımlarını bu sınıflandırma doğrultusunda tanımlamak çok daha faydalı olmaktadır. Çünkü klinik zorluklar farklı çözümler gerektirmekte ve farklı cam iyonomer malzemelerin spesifik formülasyonları başka klinik amaçlarla kullanılmaktadır (Berg ve Croll, 2015).

American Society of Dentistry for Children 2015 yılında yayınlamış olduğu derlemede konvansiyonel cam iyonomer simanların ve rezin modifiye cam iyonomer simanların (Berg ve Croll, 2015):

1. Yapıştırıcı simanlar
 - a. Paslanmaz çelik kron
 - b. Ortodontik bant
 - c. Ortodontik braket (belli durumlarda)
2. Kavite taban maddesi
3. Restoratif cam iyonomer simanlar
 - a. Süt dişlerde ve bazı özel durumlarda daimi dişlerde Sınıf I restorasyonlar
 - b. Süt dişlerde Sınıf II restorasyonlar
 - c. Süt dişlerde Sınıf III restorasyonlar
 - d. Daimi dişlerde yüksek çürük riski olan bireylerde ve izolasyonun sağlanamadığı Sınıf III restorasyonlarda
 - e. Süt dişlerde Sınıf V restorasyonlarda
 - f. Daimi dişlerde yüksek çürük riski olan bireylerde ve izolasyonun sağlanamadığı Sınıf V restorasyonlarda
4. Çürük kontrolünde;
 - a. Yüksek çürük riski olan hastalarda
 - b. Restorasyon tamirinde
 - c. ART (atraumatic restorative treatment) ve
 - d. Aşamalı çürük tedavisinde geçici terapötik restorasyon
 - e. Fissür örtücü olarak kullanımı endike olarak belirlenmiştir (Berg ve Croll, 2015).

4.3.3.6.1. Yapıştırıcı simanlar

Cam iyonomer simanlar öncelikle kavite taban maddesi olarak kullanılmıştır. Ancak diş dokularına adezyon gösterme ve florür salınım özellikleri göz önüne alınarak toz likit formülasyonunda yapılan bir takım çalışmalar sonucunda, metallere adezyon gösterme özelliğine sahip yapıştırıcı simanlar üretilmiştir. Konvansiyonel ve rezin modifiye cam iyonomer simanların her ikisi de yapıştırıcı siman olarak kullanılabilirle birlikte; rezin modifiye cam iyonomer simanların kullanımı, daha iyi fiziksel özelliklere sahip olmaları ve kullanım kolaylıkları sebebiyle daha çok tercih edilmektedir. Konvansiyonel cam iyonomerlerin yapıştırma simanı için kullanılacağı klinik durumlarda; uygulama öncesi diş dokusundaki smear tabakasının uzaklaştırılması gerekmektedir. Resin modifiye cam iyonomer simanların yapıştırıcı siman olarak kullanılacağı klinik durumlarda ise diş yüzeyine self-etch bir adeziv uygulanması gerekmektedir (Berg ve Croll, 2015).

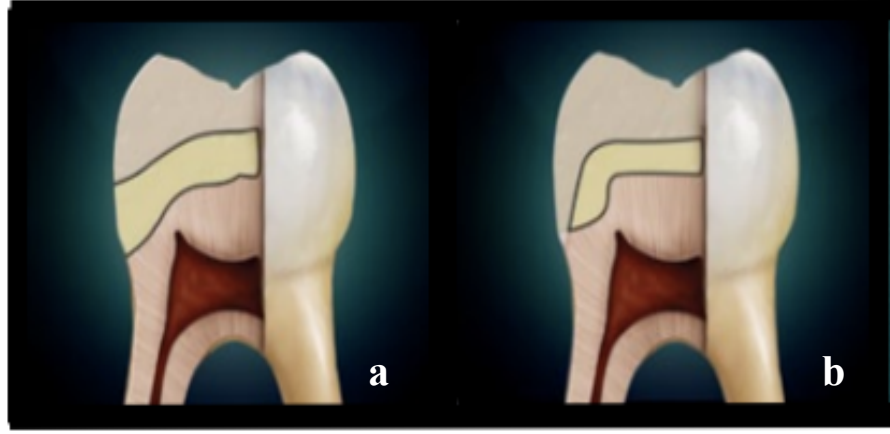
4.3.3.6.2. Kavite taban maddesi

Cam iyonomer simanlar, kaybedilen çürük dentin dokusunun yerine kullanılacak ideal kavite taban maddeleridir. Florür salınım özellikleri ve buna bağlı antimikrobiyal etkileri, dentine kimyasal bağlanma özellikleri, post operatif hassasiyet yaratmamaları; ince bir astar olarak veya kalın kullanımda dentin dokusunun yerine kullanılacak olan, diş onarımında ideal restoratif materyallerdir (Berg ve Croll, 2015).

Sandviç tekniği

Sandviç tekniği; Sınıf 2 kavitelere konvansiyonel cam iyonomer simanların kayıp dentin dokusu, kompozit rezin restorasyonların kayıp mine dokusunun yerine geçecek şekilde iki restoratif materyalin kombine uygulandığı bir tekniktir. Bu teknikte iki materyalin klinik avantajlarından maksimum yararlanım hedeflenmiştir. Cam iyonomer simanın çürük önleyici etkisi, dentin adezyonu, florür salınımı ve düşük ara yüz gerilme özellikleri ile kompozit rezinlerin mineye mikromekanik bağlanma başarısı, düzgün yüzey bitirme, dayanıklılık ve estetik özelliklerinden bir arada yararlanılmaktadır. Buna ek olarak kompozit rezinler, kullanılan konvansiyonel

cam iyonomer simanlar ile mikromekanik, rezin modifiye cam iyonomer simanlar ile HEMA (hidroksietil metakrilat) aracılığıyla kimyasal bağ kurmaktadır.



Şekil 1: a. Açık sandviç tekniği b. Kapalı sandviç tekniği

Açık ve kapalı sandviç tekniği olmak üzere iki klinik kullanımı vardır. Açık sandviç tekniği özellikle derin, mine-şarap sınırının altına inen, Black sınıflandırmasına göre Sınıf II olarak kabul edilen, kutu kaviteelerde uygulanmaktadır. Aynı zamanda tünel kavite preparasyonlarında, dişetine yakın, dolayısıyla tükürük izolasyonunun zor, ışık etkisinin az olduğu bölgelerde açık sandviç tekniği kullanılabilir. Cam iyonomer simanlar bu bölgede çalışmayı kolaylaştırdığı, çürük önleyici etkisi ve kendiliğinden sertleşebilmesi nedeniyle tercih edilmektedirler.

Bu noktada cam iyonomer simanla elde edilen mikrosızıntı ve sekonder çürük gelişimi direncinin, kompozit rezin restorasyonla elde edilene göre çok daha başarılı olduğunu gösteren birçok in vitro çalışma bulunmaktadır. Her iki sandviç tekniğinde de kompozit rezinlerin tabakalanarak uygulanma karmaşası ortadan kaldırılmaktadır. Aynı zamanda dentine asitle pürüzlendirme uygulanmaması ve cam iyonomer simanın kavite taban maddesi görevi görmesi sebebiyle restorasyon sonrası post operatif hassasiyet problemi de ortadan kalkmaktadır (Hewlett ve Mount, 2003).

4.3.3.6.3. Restoratif cam iyonomer simanlar

Süt dişlerinde görülen Sınıf I, Sınıf II, Sınıf III ve Sınıf V kavitelerde cam iyonomer simanlar restoratif materyal olarak kullanılabilirler. Daimi dişlerde ise özel durumlar dahilinde Sınıf I, Sınıf III ve Sınıf V kavitelerde restoratif materyal olarak kullanılabilirler. Ancak cam iyonomer restorasyonların daimi dişlerin restoratif materyali olarak kullanımı basınç dayanımı, aşınma direnci ve yeterli renk kararlılığı gösterememe gibi fiziksel özellikleri açısından var olan yetersizlikleri sebebiyle sınırlı koşullarda mümkün olmaktadır (Croll ve ark., 2001). Direkt okluzal kuvvetlere maruz kalmayan, basit tek yüzlü restorasyonlar tek başına cam iyonomer simanla başarılı bir şekilde restore edilebilmektedir (Hewlett ve Mount, 2003).

Süt dişlenme döneminde, erken çocukluk çağı çürüğü adıyla anılan, servikal bölgedeki geniş çürük lezyonlarının restorasyonunda, florür salma özelliklerinin de etkisiyle oldukça başarılı olan bu materyaller, estetiğin ön planda olmadığı, daimi dişlerdeki restorasyonlarda da uzun ömürlü ve başarılı sonuçlar vermektedirler (Croll ve ark., 2001).

Aynı zamanda daimi dişlerde oluşan kök çürüklerinin restorasyonunda, dentine iyon alışverişiyle gösterdikleri adezyon, çürük önleyici etkileri ve kolay uygulanabilirlikleri sebebiyle cam iyonomer simanlar kullanılabilmektedir. Cam iyonomer simanların göreceli estetik sınırlamaları kök bölgelerinde önemini yitirmektedir ve bu bölgede uygulanan cam iyonomer restorasyonlar uzun ömürlü olarak klinik başarı göstermektedir (Hewlett ve Mount, 2003).

4.3.3.6.4. Çürük kontrolü

Fissür örtücüler

Pit ve fissür örtücü olarak altın standart sayılan rezin örtücülerin kullanılmadığı, koopere olmayan çocuklara veya tam sürmemiş molarlara örtücü uygulanması gereken durumlarda cam iyonomer esaslı fissür örtücülerin kullanılması uygundur (Hewlett ve Mount, 2003). Cam iyonomer esaslı fissür örtücülerin rezin içerikli olanlarla karşılaştırıldıklarında uygulanma sırasında izolasyon yetersizliğine bağlı nem kontaminasyonuna daha az duyarlı olmaları, kolay uygulanmaları ve florür salınımı yapmaları açısından oldukça üstün özelliklere sahiptirler. Ancak yapılan

çalışmalarda fiziksel özellikleri sebebiyle rezin esaslı fissür örtücülere kıyasla daha az retansiyon göstermektedirler (Skrinjaric ve ark., 2008).

Konvansiyonel cam iyonomerlerle uygulamanın başarısı cam iyonomer uygulanmadan önce %10'luk poliakrilik asit ile yüzey hazırlığının yapılması ve simanın matürasyonunu tamamlamasına uygun bir zaman aralığında, erken nem kontaminasyonu ve çiğneme basıncına maruz kalmamasıyla elde edebilir. Bu yüzden modern yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar bu amaçla daha çok tercih edilmektedir (Hewlett ve Mount, 2003).

Yüksek çürük riski olan bireyler

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar, çürük gelişimi için yüksek risk altındaki hastaların kısa ve uzun vadeli yönetimini iyi bir şekilde karşılamaktadır. Sızdırmazlık ve iyon değişimi özelliklerine ek olarak, bu malzemeler oklüzal ve proksimal yüzeylerin geçici restorasyonu için yeterli aşınma direncine sahiptir. Bu tür restorasyonların florür salınımı sonrası yapısal florür kayıplarının geri kazanımı, bu hastalar için tipik olarak öngörülen topikal florür rejimleri vasıtasıyla gerçekleşir, gerekli olan kalsiyum ve fosfat iyonları tükürükten sağlanır (Frencken, 2017).

Atravmatik restorasyon tekniği

Atravmatik restorasyon tekniği (ART) diş hekimlerinin elektrik ve şehir su şebekesinin bulunmadığı, döner alet kullanımının mümkün olmadığı bölgelerde yaptıkları çalışmalar sırasında dentin çürüklerinin restore edilmesi amacıyla yaklaşık 30 yıl kadar önce gündeme gelmiş bir tedavi prosedürüdür. O dönemlerde diş hekimleri, mevcut bilgilerden faydalanarak; dar kavite girişi bulunan dentin çürüklerinde kavite sınırlarını genişletme, sonrasında çürük dentin dokusunu derin dentin çürüklerinde yumuşak dentin dokusuna, orta derinlikteki dentin çürüklerinde sert dentin dokusuna kadar selektif uzaklaştırma işlemlerinin el aletleriyle yardımı ile yapıldığı bir teknik geliştirmişlerdir. Bugün ise nadiren lokal anestezi gerektiren durumlar olmakla birlikte çocuklarda geleneksel döner aletlerle uygulanan tedavinin sebep olduğu anksiyeteye neden olmamak adına uygulanan bir yöntem haline gelmiştir (Frencken, 2017).

ART, çürük lezyonların gelişmesini ,dentin içerisine ilerlemelerini önlemek ve çürük lezyonlarının minimal invaziv yöntemlerle restore edilmesi amacıyla kullanılan minimal müdahaleli diş hekimliği yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır.

ART, örtücü ve restoratif olarak ikiye ayrılmakla birlikte her ikisinde de yüksek viskoziteli cam iyonomerler kullanılmakta ve parmak basıncıyla uygulanmaktadır (Frencken, 2017).

4.3.3.7. Geliştirilmiş cam iyonomer simanlar

Konvansiyonel cam iyonomer simanlar düşük gerilme kuvvetlerine maruz kalan Sınıf III ve Sınıf V kavitelelerin estetik olarak restore edilmesinde başarıyla kullanılmaktadır. Ancak mevcut konvansiyonel cam iyonomer simanların düşük gerilim dayanıklılığına (7-14 MPa) sahip olması materyali Sınıf II kaviteleler gibi duvar kaybının birden fazla olduğu kavitelelerde, yüksek stresli bölgelerde kullanımına izin vermemektedir. Konvansiyonel cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonları sırasında yaşadıkları kısa süreli nem hassasiyeti, materyal yüzeyinin yumuşamasına ve bunun sonucunda düşük aşınma direncine sebep olmakta, cam iyonomer simanların dental uygulamalar için tam potansiyelini sınırlamaktadır (Kleverlaan ve ark., 2004). Bu dezavantajları ortadan kaldırmak, cam iyonomer simanlara daha geniş bir uygulama alanı elde edilebilmesi adına siman tozunun kimyasal bileşimi değiştirilerek geliştirilmiş cam iyonomer simanlar elde edilmiştir (Nagaraja ve Kishore, 2005).

4.3.3.7.1. Dağınık faz cam kullanılmış cam iyonomer simanlar

Tozda yer alan alüminasilikat cam partiküllerinin alümina, titanyum oksit ve zirkonyum oksit gibi dağınık cam fazlarının kullanılması ile materyalin basma dayanım kuvvetinin artırılması hedeflenmiştir.

4.3.3.7.2. Fiberle güçlendirilmiş cam iyonomer simanlar

Tozda yer alan alüminasilikat camlarına alumina fiberler, cam fiberler, silika fiberler ve karbon fiberlerin doldurucu partikül olarak uygun oranlarda eklenmesiyle kırılma dayanıklılığın artırılması hedeflenmiştir.

4.3.3.7.3. Metalle güçlendirilmiş cam iyonomer simanlar

Konvansiyonel cam iyonomer simanların eğilme dayanıklılığının artırılması amacıyla amalgamda kullanılan alaşım tozları cam iyonomer siman tozuna eklenmiştir ve elde edilen ürün “Miracle Mix” GC Company (Tokyo, Japonya) firma adıyla piyasaya sürülmüştür. Yüksek çürük riski olan bireylerde kullanılması planlanan materyal, estetik olmamaları ve parlatılmamaları sebebiyle tercih edilmemiştir. Aynı zamanda toz likit karıştırıldığında karşılaşılan metal iyonları ve poliakrilat matriks başarısız olmuştur. Ancak metalle ve fiberle güçlendirilmiş cam iyonomer simanların, standart cam iyonomer simanlara göre aşınma direnci yüksek bulunmuştur.

4.3.3.7.4. Sermet iyonomer simanlar

McLean ve Gasser tarafından cam iyonomer simanların aşınma direncini artırmak amacıyla geliştirilmişlerdir. Cam tozunun metalle sinterize edilmesi ile güçlü bir cam metal bağı elde edilmiştir. Gümüş alaşımları, saf gümüş, titanyum ve paladiyum gibi birçok metal tozu denenmiştir. Yapılan birçok klinik çalışmanın sonucunda altın ve gümüşün en uygun metaller olduğu bulunmuştur. Her ne kadar eğilme dayanıklılıkları konvansiyonel cam iyonomer simanlara göre daha iyi olsa da amalgam restorasyonlara göre zayıf kalmışlardır.

4.3.3.7.5. Rezin modifiye cam iyonomer simanlar

Konvansiyonel cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonları sırasında yaşadıkları suya kısa süreli hassasiyet, materyal yüzeyinin yumuşamasına ve bunun sonucunda düşük aşınma direncine sebep olmakta, cam iyonomer simanların dental uygulamalar için tam potansiyelini sınırlamaktadır (Kleverlaan ve ark., 2004). Konvansiyonel cam iyonomer simanların su dengesiyle ilgili ikileminin üstesinden gelmek için “komut” ayarlı sertleşen cam iyonomer siman materyaller geliştirilmiştir (Beazoglou ve ark., 2007). Bu amaçla geliştirilen rezin modifiye cam iyonomer simanların likidinde genel olarak: ışıkla polimerize olan hidroksietil metakrilat (HEMA) gibi bazı metakrilat grupları, tartarik asit içeren poliakrilik asit ve %8 oranında su yer almaktadır. Tozu ise florealiminisilikat camdan oluşur (Sidhu ve Watson, 1995).

Rezin modifiye cam iyonomer simanların sertleşme prosedürleri, geleneksel cam iyonomer simanlara benzemektedir, ancak harici bir ışık kaynağı uygulayarak "komut" ayarına izin veren foto polimerize edilebilir rezinden yararlanılmaktadır (Kleverlaan ve ark., 2004). Işığa maruz kalmadıkları sürece uzun bir süre boyunca çalışılabilir durumda kalırlar. Işıkla aktive edildiklerinde hızlıca sertleşirler. Sertleşme reaksiyonu asit-baz reaksiyonu ve fotopolimerizasyon reaksiyonu şeklinde iki aşamada gerçekleşir (Wilson, 1990).

Bu malzemeler, diş minesine ve dentine adezyon bakımından geleneksel cam iyonomer simanlara çok benzerler. Bununla birlikte, rezin restoratif materyallere ait olan polimerizasyon büzülmesi, içerdikleri hidrofilik monomer matriks sebebiyle su absorpsiyonunun konvansiyonel cam iyonomer simanlara göre artmış olması, monomer salınımına bağlı toksik problemler gibi bazı dezavantajlara sahiptirler (Lazaridou ve ark., 2015). Su absorpsiyonuna eğilimlerinin artmış olmasının materyalin mekanik özelliklerini etkilemesi sebebiyle, geleneksel cam iyonomer simanlara kıyasla mekanik özelliklerinin daha zayıf olduğu bildirilmiştir (Kleverlaan ve ark., 2004).

4.3.3.7.6. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar

Poliakrilik asidin toz olarak alüminasilikat cam tozlarına eklenmesi ve partiküllerin küçültülmesi ile hızlı sertleşen, erken dönem nem hassasiyeti azalmış ve ağız sıvılarında çözünürlüğü azalmış yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar elde edilmiştir. Atravmatik restorasyon tekniği için geliştirilmiş olan bu cam iyonomerler piyasada Ketac Molar (the ESPE, 3M, Almanya) ve Fuji IX (GC, Tokyo, Japonya) isimleriyle yer almışlardır (Nagaraja ve Kishore, 2005).

Son zamanlarda geliştirilen bir klinik teknik olarak GC firmasının (Tokyo, Japonya) ürettiği nano doldurucu ışıkla sertleşen rezin glaze bir örtücünün, yüksek viskoziteli cam iyonomer siman yüzeyine uygulanması sonucu restoratif materyalin fiziksel özelliklerinde ve dayanıklılığında belirgin bir artış sağladığı gözlenmiştir. Bu örtücünün cam iyonomer simanın yüzeyinden 30 mikrometre ile 50 mikrometre arasında değişen bir derinlikte penetre olduğu, en az 6 ay ve daha uzun süre penetrasyonunu devam ettirdiği gösterilmiştir. Bitirilmiş bir restorasyon belli

periyotlarla yeniden örtülerek klinik başarısının devamı sağlanabilmektedir. Bulk-fill restoratif uygulama yapılacak çürük kavitelere bu yeni geliştirilen cam iyonomer simanların, birçok klinik koşulda kompozit rezin ve amalgam restorasyonlara üstün gelebileceği öngörülmektedir (Pitel, 2014).

4.3.3.7.7. Kolay karıştırılabilen cam iyonomer simanlar

Konvansiyonel cam iyonomer simanların toz-likit karıştırılma oranı ve şekli oldukça kritiktir. Ayrıca materyalin nihai mekanik ve fizikomekanik özelliklerini etkilediği için oldukça önemlidir. Toz/likit formda bulunan cam iyonomer simanların önerilen oranda ve ideal ısıda hazırlanmaması ve karıştırma hızı, reaksiyonun daha hızlı ya da yavaş olarak gerçekleşmesine neden olabilir. Toz-likit karışımının manipülasyonunun kolaylaştırılması ve standardize edilebilmesi için farklı dağıtma sistemli cam iyonomer simanlar üretilmiştir. Bu sebeple hazır karışım ya da kapsül formda bulunan materyallerin kullanımı toz/likit formda bulunan ve elle karıştırılan materyallere göre kişisel uygulama hatalarını en aza indirmektedir (Hatrack ve Eakle, 2015). Bu amaçla geliştirilmiş üç karıştırma sistemi bulunmaktadır:

- 1- *Kapsül*: Kapsüller karışım sonucunda öngörülebilir bir sonuç sağlayan, önceden ölçülmüş doğru oranlarda cam iyonomer tozu ve likidi içerir. Bu kapsüller amagamatör yardımıyla karıştırıldıktan sonra bir tabanca sistemi ile dişe uygulanır.
- 2- *Pat-pat dağıtım sistemi*
- 3- *Modifiye toz-likit sistemi*

4.3.3.7.8. Amino asit modifiye cam iyonomer simanlar

Konvansiyonel cam iyonomer simanların basma dayanım ve kırılma dayanım gibi mekanik özelliklerinin artırılabilmesi için likidinde bulunan N-akrilil veya N-metakrilil gibi poliakrilik asit kopolimerleri amino asitler ile modifiye edilmiştir. N-metakrilil-glutamik asit ve benzeri şekilde yeni formüle edilmiş, karboksilik asit gruplarını bağlayan, esnek yan zincirlere sahip yapılar elde edilmiştir. Elde edilen bu cam iyonomer simanlar ile simanın kırılma dayanımı artırılmıştır (Nagaraja ve Kishore, 2005).

4.3.3.7.9. Isı uygulanarak sertleştirilen cam iyonomer simanlar

Cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonları, başlangıç reaksiyonu ve uzun dönem sertleşme süreci olmak üzere iki bölümde incelenmektedir. Çoğunlukla kalsiyum poliakrilat zincirlerinin oluştuğu, toz ve likidin karıştırılmasından sonra geçen ilk 10 dakika başlangıç sertleşmesi olarak tanımlanırken; devamında alüminyum poliakrilat zincirlerinin yapımıyla ve çapraz bağlanmaların oluşumuyla devam eden süreç ise uzun dönem sertleşme süreci olarak tanımlanmıştır. İlk bölümde siman, su veya tükürük kontaminasyonuna hassasken, ikinci bölümde dehidratasyona hassastır. Başlangıç nem hassasiyeti kırılma ve aşınmaya karşı duyarlılıkla sonuçlanmaktadır. Başlangıç reaksiyonlarının gerçekleştiği dönemde simanın barındırdığı hafif bağlı su kaybedilirse veya su ve tükürük simana temas ederse, simanı oluşturan iyonlar simanın yüzeyinden uzaklaşırlar (Kleverlaan ve ark., 2004). Suyun restoratif materyale emilimi ve materyalin suda çözünmesi, simanın mekanik kuvvetlerini, renk stabilitesini ve aşınma direncini etkiler. Yeni nesil cam iyonomer simanlar bu nem hassasiyetinin yarattığı problemi ve materyalin fiziksel özelliklerini artırmak amacıyla geliştirilmiştir. Bu amaçla geliştirilen bir çok cam iyonomer siman bulunmaktadır. Toz ve likitte yapılan değişikliklere ek olarak cam iyonomer simanların olgunlaşma sürecinin hızlandırılması ve iyileştirilmesi için dışardan enerji sağlamanın, malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri için avantajlı olabileceği düşünülmüştür (Dionysopoulos ve ark., 2017). Isı uygulamasının yavaş sertleşme reaksiyonunu hızlandırması ve böylece tükürüğe maruz kalmadan önce ilk hassas periyodun atlanması beklenmektedir (Kleverlaan ve ark., 2004).

Kleverlaan ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmalarda cam iyonomer siman örneklerinin sıcaklığı (70°C) ile basınç dayanımı arasında belirgin bir ilişki olduğu görülmüştür. Ek olarak cam iyonomer simanların basınç dayanımlarının 28 gün boyunca arttığı gösterilmiştir. Cam iyonomer simanların sertliğinin 1 ay boyunca kademeli olarak arttığı ve 24 saatte kaydedilen değerden önemli ölçüde daha yüksek bir değere ulaştığı bildirilmiştir. Erken yüzey sertliği göz önüne alındığında (0-5 saat-1hafta), önceden ısıtılmış kapsüller, halojen, kızıl ötesi ve LED ışık kaynakları gibi harici bir enerji kaynağının kullanılması, cam iyonomer

simanların önemli ölçüde iyileştirilmiş bir üst yüzey sertliği ile sonuçlanmıştır (Kleverlaan ve ark., 2004).

Isı uygulamasının simanın matris oluşturuucu reaksiyonunu hızlandırması gerektiği ve bu nedenle ilk aşamada, sertleşme reaksiyonunun daha gelişmiş ve daha büyük bir yüzey sertliği ile sonuçlanacağı varsayılmıştır. Isının sertleşme reaksiyonu üzerindeki etkisinin; asidi daha aktif hale getirmesi sonucu cam partiküllerini daha hızlı indirgemesine ve bu iyonların camdan ayrılarak salındığı sırada difüzyon hızının artmasına neden olduğu düşünülmektedir. İlk sertleşme reaksiyonunun sonucunda daha reaktif bir asit, daha yüksek iyon salınımı ve difüzyon hızı, kalsiyum poliakrilat matrisinin daha hızlı oluşumuna bağlı olarak üstün mekanik özellikler elde edilmesi amaçlanmaktadır. Isı uygulaması , cam iyonomer simanların erken dönem, hasara en duyarlı oldukları dönem, özelliklerini iyileştirmektedir ancak mekanik özelliklerini değiştirmemektedir. Sadece ilk sertleşme reaksiyonlarını hızlandırmakta, uzun vadeli bir etki gözlenmemektedir (Kleverlaan ve ark., 2004).

Diş hekimliğinde kullanılan ve kullanımı sırasında ısı açığa çıkaran bir çok cihaz, ısı uygulanarak sertleştirilen cam iyonomer simanlar için ısı kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Isı, ışığa duyarlı dental materyallerin yüksek yoğunluklu bir fotopolimerizasyon cihazı ile sertleşmesinin bir yan ürünü olarak oluşmaktadır (Fabián Molina ve ark., 2013). Posterior dişlerin geniş kavitelerinde kompozit rezin materyallerin kullanımı ve ön diş estetik tedavilere artan talep, diş hekimliği teknolojisinde güçlü ışık kaynaklarının üretilmesine yol açmıştır. Ancak üretilen bu ışık kaynaklarının gerçekleştirdiği polimerizasyon sırasında ortaya çıkan aşırı ısı nedeniyle pulpa dokusunun zarar görme ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır. Restorasyonların yapımı sırasında ortaya çıkan ısı artışının zararlı etkileri yıllardır araştırılmaktadır. Zach ve Cohen yaptıkları çalışmada sağlıklı pulpada, sadece 5,5°C'lik ısı artışının maymun dişlerinin %15'inde nekroza neden olduğunu bildirmişlerdir (Zach ve Cohen, 1965).

Termal genleşme katsayısı; bir maddenin termal değişime cevap olarak boyutsal değişikliklerini tanımlamak için kullanılır. Cam iyonomer simanların ve cam iyonomer esaslı materyallerin termal genleşme katsayılarının diş yapılarının termal

genleşme katsayısına benzer olduğu düşünülmektedir. Bu konuda spesifik bilimsel bir çalışma bulunmamakla birlikte, cam iyonomer simanlar için termal uyarılara olan yanıtın diğer restoratif materyallerden daha karmaşık olduğu düşünülmektedir. Yapılarında hafif bağlı su bulunduran cam iyonomer simanların ısının etkisiyle su kaybına bağlı olarak büzülme gösterme ihtimali bulunmaktadır (Yan ve ark., 2007). Cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonları sırasında ısı uygulama işleminin üzerinde bir çok çalışma yapılmakta, cam iyonomer simanların mekanik özellikleri üzerinde anlamlı bir değişiklik yapıp yapmadığı araştırılmaktadır. Bu amaçla hakkında çalışma yapılmış, literatürde kullanılan ısı kaynakları şu şekilde sıralanabilir:

Kuartz Tungsten Halojen Lamba

Geleneksel olarak, ışıkla aktive edilen rezin esaslı kompozitler için en yaygın kullanılan ışık kaynakları halojen lambalardır. 2 mm derinlikteki kompozitleri polimerize etmek için $500-800\text{mW/cm}^2$ güçteki ışığın 30-40 saniye süreyle uygulanması gerekir. Ancak polimerizasyon süresi aynı zamanda materyalin tip, renk ve kalınlığının da bir fonksiyonudur. Bu ışık kaynakları foto başlatıcıların daha dar spektrumuna göre görünür ışığı sınırlamak ve mavi ışık aralığı (400-500 nm) dışındaki istenmeyen dalga boylarını elimine etmek için filtreler içerir. Bu durumda kaynaktan oluşturulan ışık enerjisinin yalnızca küçük bir bölümü polimerizasyon için kullanılır ve büyük miktarda enerji ısıya dönüşür. Kızılötesi enerjiyle ortaya çıkan bu yüksek ısı oluşumu, soğutma fanlarının kullanımı ile azaltılmaktadır. Bununla beraber, ışık kaynakları, sınırlı ömre sahiptir (40-100 saat). Kullanımında oluşan yüksek ısı nedeniyle zamanla lamba, reflektör ve filtrede oluşan yıpranmaya bağlı olarak ışık kaynağının polimerizasyon etkinliğinin azaldığı bildirilmiştir. Çalışmalar yetersiz filtrelerin $18.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den $21.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye ısı artışına neden olduğunu, oysa yeterli filtrelerle bunun $12.1-13.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile sınırlı kaldığını göstermiştir (Küçükeşmen, 2006).

LED (Light Emitting Diodes)

Halojen lambaların kullanımındaki sorunları çözmeye bir alternatif olarak Light-Emitting Diode (LED) teknolojisini kullanan ışık kaynakları geliştirilmiştir. LED ışıklarının emisyon spektrumunun, halojen ışık kaynaklarının geniş spektrumuna oranla standart başlatıcı kamforokinon ile daha uyumlu olması filtre edilme gereğini ortadan kaldırır. Resin içerikli restorasyonların polimerizasyonunda etkili enerji, 450-

500 nm dalga boyu aralığındadır. LED cihazları mavi ışığın 450 nm dalga boyunda, 5 mm çapında, 1200 mW gücünde ve 1000 mcd (milicandelas) parlaklığındadır.

Son zamanlarda yapılan çalışmalar sonucunda 1400mW/cm² gücünde LED ışık kaynakları (D-light pro, GC Company, Tokyo, Japonya) üretilmiştir. Bu cihazlarda; derin kavitelere pulpanın cihazın ürettiği ısıdan zarar görmemesi için kullanılmak üzere 700mW/cm² lik enerji üretilen düşük güç modu ve formülasyonda kullanılan foto başlatıcıya bakılmaksızın tüm ışıkla sertleşen malzemelerin verimli polimerizasyonunu sağlayabilecek 1400mW/cm² enerji üretilen yüksek güç modu olmak üzere iki seçenek bulunmaktadır. Yüksek güç modunda hem mavi LED hem de mor LED olmak üzere çift dalga boyulu ışın oluşturmaktadırlar. Mavi LED, 460-465 nm dalga boyunda kamforokinonun optimum aktivasyonunu sağlarken; 400-405 nm'deki mor LED, TPO ve PPD gibi diğer başlatıcıların etkili şekilde aktivasyonunu sağlamaktadır.

LED ışık cihazları fanları olmadığı için sessizdir, küçük ve taşınabilir şekilde üretilmektedirler. LED ışık kaynakları oldukça uzun ömürlü (yaklaşık 10. 000 saat) ve değişmez ışık şiddetine sahiptirler. Ayrıca infrared ışın oluşturmadıkları için, uygulandıkları objelerde ısı artışı çok az olduğu bildirilmiştir (Jandt ve ark., 2000).

LED ışık kaynaklarının polimerizasyon sırasında oluşturdukları ısının düşük olması sebebiyle, cam iyonomer simanların ısıyla sertleşme prosedürüne özel, çıkış sıcaklığı 1 dakikadan az bir sürede 60 °C ye ulaşabilen LED ışık kaynakları üretilmiştir. Ancak bu sıcaklık ağız boşluğunda kullanım için yüksek bir değerdir ve cam iyonomer simanların mekanik dayanımı üzerinde ısının etkisinin değerlendirilmesi için, ısı yayan polimerizasyon ışıklarının çıkış sıcaklığının, dişin canlı dokuları üzerindeki etkisinin araştırılması gerekmektedir (Fabián Molina ve ark., 2013).

Ultrasonic cihazlar

Diş hekimliğinde yaygın olarak diş taşı temizliğinde kullanılmakta olan ultrasonic cihazlar, yüksek frekansta ultrasonik vibrasyon ile kullanılmaktadır ve işlem sırasında yüksek ısı oluşturmaktadır. Oluşan bu ısının cam iyonomer simanların

ısı uygulama ile sertleştirilmesi sırasında ısı kaynağı olarak kullanılabilceği düşünölmüştür (Guglielmi ve ark., 2012).

Ultrasonik cihazların cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonları üzerindeki etkisi henüz net olarak bilinmemektedir. Ultrasonik cihazın akıcı halde bulunan cam iyonomer simanın sertleşme reaksiyonu sırasında minik baloncuklar oluşturduğu, bu boşlukların hızla büyüyüp kollabe olması sonucu, çok küçük hacimlerde büyük oranda ısı açığa çıkardığı düşünölmektedir. Bu ısının cam iyonomer simanlar gibi toz ve likit olarak iki bileşenden oluşan materyallerde reaksiyona giren partikül oranını artırdığı bilinmektedir. Ayrıca ultrasonik cihazın cam partiküllerini parçalayarak partikül boyutlarını küçültme, bu nedenle reaktif yüzey alanını genişletme ve reaksiyonu hızlandırma etkisi olduğu da düşünölmektedir. Ultrasonik cihazın en büyük avantajı, ekipmanın diş hekimleri tarafından yaygın olarak kullanılması ve çalışma süresini kısaltmasının yanı sıra restoratif materyalin hazırlanan kaviteye akışına yardımcı olmasıdır. Ek olarak cam iyonomer simanları ultrasonik cihazla uyarma, materyalin diş yüzeyine adezyonunu ve florür salınımını artırmaktadır (de Oliveira ve ark., 2019).

Diş lazerler

Diş lazer genel olarak, 360 ve 480 nm (mavi veya mor) arasında bir dalga boyu ile elektromanyetik radyasyon yayan bir lazer olarak tanımlanmaktadır. Son zamanlarda 445nm’de ışık yayan diş lazerler, ağız boşluğu içerisindeki etkileşimleri nedeniyle diş hekimliğinde popüler hale gelmiştir. 445 nm’lik dalga boyu hemoglobinin ve melanin pigmentinin en yüksek emilim gösterdiği dalga boyudur. Bir lazer ışınının kesme gücünün, doku tarafından emilen enerji miktarına bağlı olduğu ve oral kavitenin hemoglobin ve melanince zengin olduğu göz önünde bulundurulduğunda, diş lazer sistemi ağız cerrahisinde çok hızlı, hassas ve ağrısız kesim sağlamaktadır. Diş hekimliğinde diş lazerlerin en yaygın uygulamaları, yumuşak dokuların ablyasyon ve insizyonu, kavite dezenfeksiyonu ve lazer destekli ofis tipi diş beyazlatmadır (Dionysopoulos ve ark., 2017).

Dionysopoulos, Toludis ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada; diş lazer ışınlarının (445nm) diş hekimliğindeki rutin kullanımı dışında ilk defa cam iyonomer

simanların ısı uygulama ile sertleştirilme işleminde kullanımını araştırmış ve LED (Light emitting diode) ışık cihazıyla cam iyonmer simanların yüzey sertliğine etkilerinin karşılaştırmasını yapmışlardır. 3 farklı markaya ait konvansiyonel kapsül cam iyonmer siman ile yapılan çalışmada diyot lazer uygulanan, LED ışık kaynağı uygulanan ve kontrol grubu olarak herhangi bir ısı işlem uygulanmamış cam iyonmer simanlar olacak şekilde 3 grup oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda diyot lazer ve LED ışık kaynağı uygulanan cam iyonmer simanların yüzey sertliğinde, hiçbir ısı işlem uygulanmamış kontrol grubunun yüzey sertliklerine göre anlamlı bir artış gözlenmiştir. Yüzey sertliğindeki bu artış lazer uygulanmış örnekler için %13,8 ile %16,6 iken LED ışık kaynağı uygulanmış örnekler için %6,1 ile %11,3 arasında hesaplanmıştır. Diyot lazer uygulanan grubun yüzey sertlik özelliklerindeki artışın, LED ışık kaynağı uygulanan gruptan daha yüksek olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca bir çok ısı kaynağının dişin canlı dokuları üzerinde sebep olabileceği ısıya bağlı nekroz gelişimi açısından pulpa sağlığı için güvenli olduğu da iddia edilmiştir (Dionysopoulos ve ark., 2017).

4.3.4. Poliasit Modifiye Kompozit Rezın (Kompomer)

Poliasit modifiye kompozit rezınler için kullanılan “kompomer” terimi, “COMPOSITE” ve “IONOMER” kelimelerinden türetilmiştir. Kompomerler (poliasit modifiye kompozit rezınler) , kompozit rezın materyallere klinik özellikleri açısından daha yakındır; rezın (UDMA, HEMA ve bütan tetra karboksilik asit) ve asit monomerden oluşmaktadırlar. Bunlara ilaveten yapılarında, florosilikat cam, reaksiyon başlatıcılar, stabilizörler ve pigmentler bulunmaktadır. Rezın matrisi, genelde bütan tetra karboksilik asit ve hidroksi metil metakrilatın reaksiyon ürününden oluşmaktadır. Doldurucu kısmı ise, florid içeren reaktif silikat camdan oluşmaktadır. Işık uygulanmasını takiben, monomerler arasında kompozit rezinde olduğu gibi çapraz bağlantılar meydana gelir ve materyalin ilk sertleşme reaksiyonu gerçekleşir. Sertleşen materyalin ağız ortamı (nem) ile temas etmesi sonucu, materyal içine su emilimi başlar. Bu haftalarca, hatta aylarca devam edebilir ve sonuçta H⁺ iyonları salınarak cam partikülleri ile reaksiyona girer. Böylece asit-baz reaksiyonu başlamış olur ve florid iyonu salınmaya başlar (Tyas, 1998). Geleneksel cam iyonmer simanların esas komponentlerinin sadece birisini bazen de her ikisini içermelerine rağmen bu

komponentlerin miktarı ışıksız ortamda kimyasal reaksiyon oluşturmıyacak seviyededir. Ancak florür salınımı yapımaları ve mekanik özelliklerinin konvansiyonel cam iyonomer simanlardan daha iyi olması sebebiyle çocuk diş hekimliğinde tercih edilen materyallerdir (Tran ve Messer, 2003).

1970li yıllardan beri süt dişlenme döneminde sadece minimal girişimsel diş hekimliği tekniklerinin uygulanması gerektiğini savunulmaktadır. Piyasaya sürüldükleri 1993 yılından beri, kompomerler ön dişlerden arka dişlere kadar ağızın her bölgesinde geniş bir kullanım alanına sahiptir (Kraemer ve Frankenberger, 2007). Ancak florür salma kapasiteleri konvansiyonel cam iyonomer simanlara göre oldukça düşük olduğu için orta ve düşük çürük riski olan hastalarda kullanımı önerilmektedir. Kompomer restorasyonlar sekonder çürükler ve aşınma direnci açısından takip edilmelidir. Kompomer restorasyonlar için 2 ile 3 yıl boyunca uygun klinik performans ve düşük başarısızlık oranı rapor edilmiştir. Bu materyal süt dişlenme dönemindeki sınıf II kavitelere amalgama alternatif olarak kabul edilmektedir (Tran ve Messer, 2003).

Bununla birlikte süt dişlerinin yapısal özellikleri sebebiyle adeziv sistemlerin uygulanmasıyla ilgili bir takım sıkıntılar rapor edilmiştir. Süt dişlerinde bulunan mine tabakasının, yüzeysel 30-100µm prizma içermeyen bölümünün, kalıcı dişlerde asitle pürüzlendirme ile elde edilen desene dönüştürülmesi için uygun olmadığı açıklanmıştır. Bu katman ön bölgeden arka bölge dişlere doğru kalınlaşır ancak düzensiz yayılmış prizmalar bulunabilir. Uygun bir aşındırma deseni elde etmek için prizmasız mine bizotaj ya da bevel ile uzaklatırılmalıdır ve asitle pürüzlendirme 30 sn (daimi dişlerde 15 sn) olmalıdır. Daha uzun aşındırma süreleri, aşındırma deseninin düzleşmesi nedeniyle daha az etkili sonuçlara yol açar. Mikromekanik tutunma, yüzey ve pürüzlendirme şekli geniş bir spektrumda çeşitlilik göstermeye başladığından beri, daimi dişlerdeki tutunma ile karşılaştırılabilir duruma gelmiştir (Kraemer ve Frankenberger, 2007).

Yapılan in vitro çalışmaları sonucunda gelinen noktada, kompomerlerin adezyonu tek şişe bonding ajanı ile sağlanmaktadır. En mükemmel adezyonun elde edildiği yöntem bu olmamakla birlikte bu sistemler kavite preparasyonu sırasında yapılması gereken prizmasız mine aşındırma işlemlerini yapmaksızın da restorasyonun adezyonuna yeterli olmaktadır. Restorasyonun yapımı aşamasında

rubber dam kullanımı şart olmamakla birlikte en azından adeziv uygulama aşamaları sırasında kaviteye tükürük ve nem kontaminasyonunun olmadığı bir izolasyon sağlanmalıdır. İzolasyonun önemi , uyumsuz çocuklarda yapılan kompomer restorasyonlarda görülen yüksek ikincil çürük oranları ile açıkça gösterilmiştir (Kraemer ve Frankenberger, 2007).

4.3.5. Kompozit Resin Materyaller

1940'larda silikat simanların yerini alan akrilik rezinlerin yan etkilerini en aza indirmek için yapılan çalışmalar sonucunda konservatif diş hekimliği alanına kompozit resin materyaller girmiştir. 1955 yılında Buonocore, akrilik rezinlerin mine yüzeyine tutunmasını geliştirmek için ortofosforik asidi kullanmıştır. 1962'de Bowen, akrilik rezinlerin fiziksel özelliklerini iyileştirmek amacıyla Bis-GMA monomerini geliştirmiştir. Erken dönem kompozit rezinler, kimyasal olarak sertleşen formda bulunmakta, temel pat ve katalizörünün karıştırılması sonucu elde edilen ürün restoratif materyal olarak hizmet vermektedir. Ancak karışıma giren pat ve katalizör miktarlarının oranlarının ve karıştırma işlemlerinin standart olmaması sebebiyle erken dönem kompozit rezinler kullanışlı materyaller haline gelememiştir. 1970'lerden itibaren elektromanyetik dalgalarla polimerize edilen kompozit materyaller ortaya çıkmıştır. Işık enerjisini sağlamak için ultraviyole ışık kaynağı (365nm) kullanılmış, ancak sığ bir polimerizasyon gerçekleştirmesi ve iyatrojenik yan etkileri sebebiyle ışık kaynağı görünür ışıkla (427-491nm) değiştirilmiştir.

4.3.5.1. Kompozit resin materyallerin kimyasal yapısı

Kompozitlerin fiziksel, mekanik ve estetik özellikleri ile klinik davranışları yapılarına bağlıdır. Dental kompozitler kimyasal olarak; organik matris (organik faz), inorganik matris ve ara bağlayıcılar olmak üzere üç farklı yapıdan oluşur

4.3.5.1.1. Organik matriks

Organik matriksi oluşturan yapılar; monomer sistem, serbest radikal polimerizasyonu için başlatıcı ve stabilize edicilerdir. Kompozit rezinlerin organik matrisi özünde fonksiyonel bir monomer sisteminden oluşur. Işıkla sertleşen kompozit rezinlerde, kamforokinon (alfa diketon) ve tersiyer alifatik amin indirgeyici maddeden oluşan bir kombinasyon serbest radikal bir polimerizasyon başlatma sistemi olarak kullanılır.

Kimyasal olarak polimerizasyon gösterebilen kompozit rezinlerde ise aromatik bir tetra amin ile reaksiyon başlatıcı ajan kullanılır. Sertleşmeden önce, ürünün uzun süreli depolama ömrünün olması için ve daha sonra kimyasal stabilitesi en üst seviyeye çıkarmak için hidrokinon monometil eter gibi bir dengeleyici veya inhibitör sistem organik matriksde yer almaktadır. Ayrıca renk stabilitesini sağlamak ve UV ışığının besiyerinde renk bozulmasına neden olabilen başlatıcı sistemdeki amin bileşikleri üzerindeki etkilerini ortadan kaldırmak için (2-hidroksi-4-metoksibenzofenon gibi) 350 nm'nin altındaki ultra-mor dalga boylarını emici ajanlar da eklenmektedir (García ve ark., 2006).

Monomer sistemi, kompozit rezin sisteminin omurgası olarak görülebilir. Bis-GMA, günümüz kompozitlerinin üretiminde en çok kullanılan monomerdur. İster tek başına ister üretan dimetakrilat ile birlikte standart rezin bileşimlerinin hacmen yaklaşık %20'sini oluşturur. Genel bir kural olarak, monomer veya monomer kombinasyonunun molekül ağırlığı ne kadar düşükse, büzülme yüzdesi o kadar büyük olur. Kompozit rezinler yüksek viskoziteli olduğundan, üretim sürecini ve klinik kullanımı kolaylaştırmak için Bis-DMA (Bisfenol A dimetakrilat), EGDMA (Etilen glikol dimetakrilat), TEGDMA (Trietilen glikol dimetakrilat), MMA (Metil metakrilat) veya UDMA (Üretan dimetakrilat) gibi düşük viskoziteli (düşük molekül ağırlıklı) monomerler ile seyreltilir (García ve ark., 2006).

4.3.5.1.2. İnorganik matriks

Kompozit rezinlerin dağılma fazı, esasen kompozitin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleyen inorganik bir dolgu malzemesinden yapılır. İnorganik dolgu malzemesinin özellikleri, nasıl elde edildiği ve ne kadar eklendiği restorasyon malzemesinin mekanik özelliklerine büyük ölçüde karar verir. Dolgu partikülleri, organik matrisin fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirmek için organik faza ilave edilir. Bu nedenle, mümkün olduğu kadar yüksek inorganik doldurucu oranı amaçlanmaktadır. İnorganik doldurucular, termal genleşme katsayısını ve genel sertleşme büzülmesini azaltır, radyoopasiteyi sağlar, kullanım kolaylığını ve estetik sonuçları iyileştirir. Kullanılan dolgu maddesi partikülleri kimyasal bileşimleri, morfolojileri ve boyutlarında çok değişkendir (García ve ark., 2006).

Ana doldurucu silikon dioksittir; bor silikatlar ve lityum alüminyum silikatlar da yaygın olarak kullanılır. Birçok kompozitte, kuvars, baryum, stronsiyum, çinko, alüminyum veya zirkonyum gibi ağır metal parçacıkları ile değiştirilir. Camdan daha az sert olan ve bu nedenle karşı diş üzerinde daha az aşınmaya neden olan kalsiyum metafosfat gibi malzemeler araştırılmaktadır.

Nanoteknoloji, zirkonyum, silika veya nanosilika parçacıklarından oluşan yaklaşık 25 nm'lik nanopartiküller ve yaklaşık 75nm'lik nano çökelti içerme ile karakterize edilen yeni kompozit rezinlerin üretilmesine olanak sağlamıştır. Çökelti ara bağlayıcı olan silan aracılığıyla rezine bağlanırlar. Doldurucu partiküllerin dağılımı (çökelti ve nanopartiküller) %79,5'e kadar yüksek bir yük verir (García ve ark., 2006).

Doldurucu partikül büyüklüğü daha küçük olan kompozitlerde, restorasyonun yüzey özelliklerinde daha başarılıdır ve malzemenin zamanla maruz kalacağı biyolojik olarak parçalanma olasılığını azaltır. Bu teknoloji, aynı zamanda ön ve arka bölge dişlerde kullanılabilirliği belirlenen rezinlerin yüksek mekanik özelliklerini karşılamaktadır. Ayrıca, partiküllerin daha küçük boyutunun daha az sertleşme büzülmesine yol açtığı; mine kenarlarında, marjinal sızıntılardan, renk değişimlerinden, bakteriyel penetrasyondan ve post operatif hassasiyetten sorumlu olması muhtemel mikro çatlakların varlığını azalttığı belirtilmektedir (García ve ark., 2006).

4.3.5.1.3. Ara bağlayıcı maddeler

Doldurucu partikülleri (inorganik matriksi) organik matrikse bağlamak için bir organosilan veya birleştirme maddesi bulunmaktadır. Bu ajan bir ucunda silan gruplarına (SiO_2 'ye iyon bağı) ve diğer ucunda metakrilat gruplarına sahip bir moleküldür (García ve ark., 2006). Ara bağlayıcılar, çift fonksiyonlu moleküller olup bir taraftan silika partiküllerinin yüzeyindeki hidroksil grubuyla bağ kurarken, diğer taraftan organik matriksteki metakrilat gruplarıyla kovalent bağlar yaparak organik polimer matriks fazı ile inorganik matriks arasında bağlanmayı sağlarlar. Bu ara bağlayıcıların kurmuş olduğu stabil bağ materyalin klinik özelliklerini etkiler. Bağın kalitesi; restoratif malzemenin aşınma direncini etkiler. Doldurucu partiküllerin silanizasyonu malzeme dayanımı için önemlidir (Zimmerli ve ark., 2010). Ara

bağlayıcı ajanlar sayesinde rezin-partikül ara yüzü boyunca su geçişi önlenerek hidrolitik denge sağlanır, rezinin çözünürlüğü ve su emilimi azaltılmış olur (Müller ve ark., 1997).

4.3.5.2. Kompozit rezinlerin sınıflandırılması

Kompozit rezinler, diş hekimlerinin materyal için doğru endikasyon verebilmesi ve kullanımını kolaylaştırmak için bileşimlerine bağlı olarak birçok farklı şekilde sınıflandırılmışlardır. Bu sınıflandırmaların içinde en çok kullanılan Lutz ve Phillips'in yapmış olduğu materyalin inorganik doldurucu partikül büyüklüğüne göre yapılmış sınıflandırmadır. Bunun dışında bu inorganik doldurucu partiküllerin ağırlık ya da hacim olarak yüzdesine ve polimer matrikse ekleniş biçimlerine, polimerizasyon yöntemlerine ve vizikositelerine göre de sınıflandırılabilirler (Dayangaç, 2000).

Tablo 1: Kompozit rezinlerin doldurucu partikül boyutlarına göre sınıflandırılması

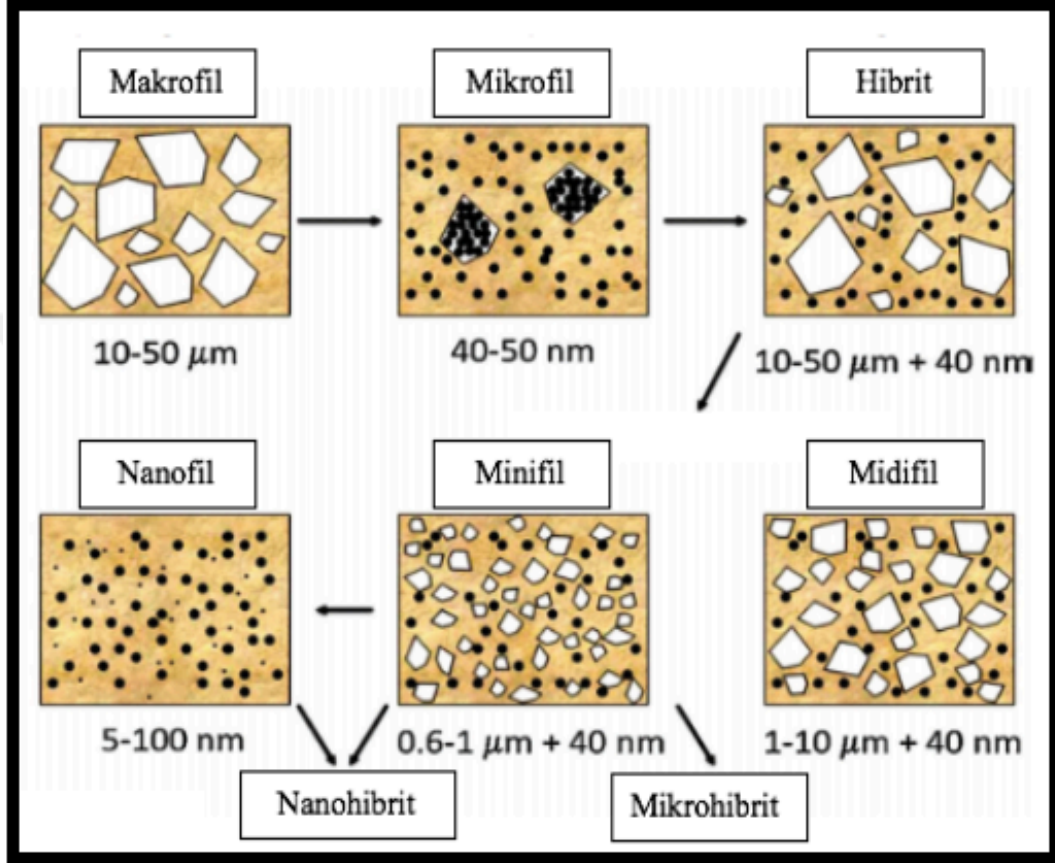
Kompozit Rezin	İnorganik doldurucu partikül büyüklüğü	İnorganik doldurucu partikül yüzdesi
Megafil	50-100 μ m	%70-80
Makrofil	10-100 μ m	%70-80
Midifil	1-10 μ m	%75-85
Minifil	0,1-1 μ m	%35-60
Mikrofil	0.01-0,1 μ m	%35-60
Hibrit	0,04-1 μ m	%75-80
Nanofil	0.005-0.01 μ m	

Polimerizasyon yöntemlerine göre:

- 1- Kimyasal olarak polimerize olan kompozitler
- 2- Işık ile polimerize olan kompozitler
- 3- Hem kimyasal hem ışık ile polimerize olan kompozitler olmak üzere üç gruba ayrılırlar.

Viskozitelerine göre:

- 1- Kondanse olabilen kompozit rezinler
- 2- Akışkan kompozit rezinler



Şekil 2 : Farklı doldurucu partikül büyüklüklerine ve dağılımlarına sahip dental kompozit rezinler

4.3.5.3. Kompozit rezin materyallerin adezyonu

4.3.5.3.1. Mine dokusuna adezyon

Mine dokusunun; kimyasal yapısının %96-97'sini inorganik, %1'ini organik maddeler ve %2-3'ünü de su oluşturmaktadır. Dokunun inorganik yapısının büyük bir bölümü; kalsiyum fosfat tuzlarından oluşurken, buna ek olarak magnezyum, karbonat, sodyum, çinko, potasyum, kurşun, stronsiyum, molibden, demir, florid,

selenyum, iridyum gibi iyonlar da yer almaktadır. Minenin organik yapısını, çözünebilir ve çözünemez proteinler ile bir miktar karbonhidrat ve lipit oluşturur.

Mine dokusu, yapısında hidroksiapatit kristalleri barındırır. Bu kristal yapılar bir araya gelerek mine prizmaları olarak tanımlanan sıkı yapılar meydana getirir. Bu prizmaların etrafında ise prizma kını ve onları çevreleyen interprizmatik matriks bulunmaktadır. 4-6 µm çapında olan bu prizmalar, mine dentin sınırından dişin dış yüzeyine doğru dik olarak uzanırlar (Van ve ark., 1992).

Mine dokusunun asitle pürüzlendirilme fikri ilk defa 1955 yılında Buonocore tarafından ortaya atılmış ve restoratif diş hekimliğine adezyon açısından yeni bir boyut kazandırılmıştır. Buonocore mine dokusuna 30 sn boyunca uygulanan %85'lik ortofosforik asidin mine dokusunu pürüzlendirdiğini gözlemlemiştir (Buonocore, 1955).

Mine yüzeyinin asitle pürüzlendirilmesiyle interprizmatik, intraprizmatik ve hidroksiapatit kristalleri arasındaki inorganik yapının çözünmesi ile mikropöröziteler oluşturulmakta çözünmeyen alanları ise mine dokusunun organik bileşenleri oluşturmaktadır. Asitle pürüzlendirme işlemi ile mine yüzeyinde açığa çıkan bir organik madde ağı içerisine ve çevresine akan rezinin polimerizasyonu, aynı zamanda interprizmatik ve intraprizmatik alanlarda çözünme ile oluşan boşluklara rezinin yapısındaki monomerlerin nüfuz etmesi sonucunda gelişmiş bir mekanik adezyon elde edilmektedir.

4.3.5.3.2. Dentin dokusuna adezyon

Dentin dokusunun; kimyasal yapısının %70'ini inorganik, %18'ini organik madde ve %12'sini su oluşturmaktadır. Yapısındaki inorganik bileşenleri hidroksiapatit kristalleri oluştururken, organik bileşenleri Tip 1 kollajendir. Dentinin inorganik içeriği sadece % 70 hidroksiapatittir. Çok sayıda dentin tübülü pulpadan başlayarak dentinin kalınlığı boyunca mine-dentin sınırına dek uzanmaktadır. Bu dentin tübülleri, vital pulpa ile direkt bağlantı halinde olan odontoblastik uzantılar içermektedir. Mineden farklı olarak dentin, vital ve dinamik bir dokudur. Tübül çapları pulpa yüzeyinde 2.5 µm iken mine dentin sınırında 0.8 µm'dir. Aynı şekilde tübül sayısı pulpaya komşu bölgede 45000/mm² iken mine dentin sınırında ise 20000/mm²

dir. Dentin tübülleri pulpal basınca bağlı olarak dışarı ya da içeri doğru hareketlilik gösteren dentin sıvısı ile doludur. Herhangi bir nedenle dentin dokusu açıldığında pulpal basınç nedeniyle kanallar içerisindeki sıvı genellikle dışarı doğru hareket ederek kavitenin nemlenmesine neden olur (Ayaz ve ark., 2011).

Demineralize dentinde rezin monomerlerin mikropöröz kollajen fibril ağına infiltrasyonu ile oluşan tabakaya hibrid tabaka adı verilmektedir. Hibrid tabaka ve dentin tübüllerinin tıkanmasını sağlayan rezin uzantıları dentin yüzeyine bağlanmadaki en önemli ve etkili unsurlardır (Van Meerbeek ve ark., 1993).

Rezin restorasyonların dentin dokusuna adezyonunu bir çok değişken etkilemektedir. Klinik uygulamada genellikle enfekte olan çürük doku temizlendikten sonra, çürükten etkilenmiş olan dentin yüzeyine restoratif materyal uygulanarak bağlanma sağlanır. Çürükten etkilenmiş dentinde çok miktarda aside dirençli mineraller bulunmaktadır, bu mineraller dentin geçirgenliğini kalsiyum fosfat kristalleri ile dentin tübüllerini tıkayarak azaltmakta, bakteri ve bakteri ürünlerinin pulpa geçişini önlemektedir. Bu yapısal değişiklikler çürükten etkilenmiş dentine bağlanmayı zorlaştırır. Çürükten etkilenmiş dentine bağlanma kuvvetleri sağlam dentinden daha düşüktür, rezin ve dentin bağında zamanla sağlam dentine göre daha fazla zayıflama görülür. Genellikle enfekte olmayan dentin, tekrar mineralize olabileceği için daha konservatif kavite preparasyonları ile korunmalıdır. Eğer kavite sınırları sağlam dentin veya mine dokusuyla sınırlıysa çürükten etkilenmiş dentin klinik olarak bir problem oluşturmaz ve rezin adezivlerle çok kuvvetli bağlantı kuvvetleri sağlanabilir (Erhardt ve ark., 2008).

Adeziv sistemlerin dentine bağlanma kuvvetleri bölgesel farklılıklar gösterebilir. Tübul sayısı ve tübul çapı dentin içinde homojen olmadığından su içeriği ve geçirgenlik de dentinin her yerinde aynı değildir. Pulpa boynuzları yakınında dentin tübüllerinin çapı ve yoğunluğu daha fazla olduğundan bu bölgedeki dentin geçirgenliği fazladır. Bu nedenle derin dentine adezyon, intertübüler dentin alanının azalması ve buna bağlı olarak su içeriğinin artması nedeniyle yüzeysel dentine kıyasla çok daha güçlüdür (Ayaz ve ark., 2011).

Diş kesimi sonrasında diş dokusu üzerinde oluşan bir birikim tabakası olarak tanımlanan smear tabakası da adeziv sistemlerin dentine bağlanma kuvvetini etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Tüm preparasyon yüzeyini kaplayan smear

tabakasının kalınlığı, yapılan taramalı mikroskop (SEM) çalışmalarına göre 0.5-2µm olarak belirtilmiştir. Dentin tübülleri ağızları ‘smear plug’ denilen birikinti ile tıkalıdır ve bu tıkaç dentin tübüllerinin 1-10µm içine kadar uzanabilmektedir. Smear tabakasının dentin geçirgenliğini % 86 oranında azalttığı bildirilmiştir. Smear tabakası dentin geçirgenliğini azaltan bir difüzyon bariyeri olarak az da olsa dentin sıvısının geçişine izin vermektedir ancak altındaki dentin tabakasına rezinin ulaşmasını engellemektedir (Ayaz ve ark., 2011).

Üretilen ilk dentin adezivler oldukça hidrofobik yapıya sahiptir ve bağlanma için kuru diş yüzeyi gerektirmektedir. Bu adezivler smear tabakasının üzerinden uygulandıklarında, smear tabakasının altına penetre olamamaktadır. Adezivlere hidrofilik yapıdaki 2- HEMA monomerleri ilave edildikten sonra, adezivlerin dentini ıslatabilirlikleri ve nem toleransları artmıştır (Tay ve Pashley, 2003).

Adeziv dişhekimliğinin gerektirdiği restoratif prosedürlerin bir parçası olarak smear tabakası kaldırılmalı, modifiye edilmeli veya smear tabakası üzerine rezin uygulanarak diş ve restoratif materyal arasında bağlanma sağlanmalıdır. Smear tabakasına düşük bağlanma gücünün üstesinden gelmek için , bağlanmadan önce smear tabakasını kaldıran total-etch yaklaşımı veya smear tabakasına penetre olarak onu bonding tabakasına dahil eden self-etch yaklaşımı olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmaktadır (Tay ve Pashley, 2003).

4.3.5.3.3. Adeziv sistemlerin sınıflandırılması

Total etch (Etch and rinse) tekniği

Total etch tekniğinde, smear tabakasını çözmek ve yüzeysel hidroksiapatit kristallerini demineralize etmek için mine ve dentine %35’lik ortofosforik asit jel uygulanmaktadır. Bu işlemi takiben organik bir çözücüde çözülmüş rezin monomerlerin (primer/adeziv) karışımı asit uygulanmış mine ve dentine uygulanmaktadır.

Asitle pürüzlendirme işlemi ile smear tabakası kaldırılmaktadır, ancak bu durum açığa çıkmış dentin yüzeyine dentin tübüllerinden sıvı çıkışına sebep olmaktadır (Ayaz ve ark., 2011). Üretilen ilk dentin adezivler oldukça hidrofobik yapıya sahiptir ve bağlanma için kuru diş yüzeyi gerektirmektedir ve bu sıvı çıkışı adezyonu engellemektedir. Çünkü, nemli yapısından dolayı hidrofilik olan dentine

hidrofobik olan rezinlerin bağlanması mümkün değildir. Asit uygulanmış dentin havayla kurutulduğunda kollajen fibril matriksinin çökmesine neden olmaktadır, bu da rezin infiltrasyonuna engel olmaktadır. Bu nedenle “wet bonding” yöntemi ortaya atılmıştır. Bu teknikte etanol veya aseton gibi organik bir çözücüde çözülmüş hidrofilik ve hidrofobik monomerler tek bir şişede birleştirilmiş, nemli ortama uyumlu dentin adezivler geliştirilmiştir. Çözücü dentin yüzeyinden ve nemli kollajen ağından suyla yer değiştirerek rezinin kollajen ağı içine penetrasyonuna olanak vermektedir (Kanca III, 1992).

Total-etch sistemlerde dentinin ne kadar kurutulması gerektiği adezivin aseton, etanol veya su bazlı oluşuna göre değişmektedir (Tay ve Pashley, 2003). Su bazlı sistemler oldukça kuru olan dentin yüzeylerini tolere edebilmektedir. Çözücülerinden biri su olan adezivler çökmüş kollajen ağını tekrar genişletebilmektedir. Kuru dentin yüzeylerine su/ etanol bazlı sistemlerin bağlantı kuvvetleri aseton bazlı sistemlerden daha yüksektir (Manso ve ark., 2008). Aseton bazlı bondinglerin başarısı için, etanol bazlı bondinglere göre, mutlaka wet-bonding tekniği kullanılması gerekmektedir (Ayaz ve ark., 2011).

Self etch tekniği

Wet bonding tekniğinin teknik hassasiyetini azaltmak için uygulanan diğer teknik ise su-HEMA bileşiminden oluşan primerlerde çözülmüş daha asidik monomerlerin kullanımıyla uygulanan “self etch” tekniğidir. Bu teknikle kullanılan materyaller “self etch primer adezivler” olarak adlandırılmaktadır. Su içeren bu adezivler, smear tabakasının üzerinden altındaki dentini demineralize edebilecek derecede asidiktirler (Tay ve Pashley, 2003). Ayrı bir asitleme, yıkama işlemine gerek duymazlar ve restorasyonun teknik hassasiyetini azaltırlar . Self-etch sistemlerin diğer bir avantajı ise demineralizasyon derinliği ve rezin infiltrasyon derinliği arasında fark olmamasıdır (Proença ve ark., 2007). Güçlü self-etch adezivlerin pH değeri 1 veya daha düşüktür. Zayıf self-etch adezivlerin pH’sı yaklaşık olarak 2’dir ve dentini sadece 1µm derinliğinde demineralize etmektedirler. Yine de hibridizasyonla mikromekanik bağlanma sağlamak için yeterli yüzey pürüzlülüğü sağlamaktadırlar . Zayıf self-etch adezivler aside dirençli olan prizmatik minede demineralizasyon sağlamak için yetersiz kalmaktadır. Zayıf self-etch adezivler kullanılırken mine kenarlarına bizotaj yapılması önerilmektedir (Tay ve Pashley, 2003).

Self-etch primerleri daha basitleştirmek için, üreticiler tek basamaklı self-etch adezivleri sunmuşlardır. “All-in-one adezivler “ iki basamaklı self-etch primerlerden daha asidik ve daha hidrofilitirler. Basitleştirilmiş dentin adezivleri, nemli dentine bağlanmayı güçlendirmek için oldukça hidrofilik üretilmişlerdir. Yüksek konsantrasyonda hidrofilik ve/ veya iyonik rezin monomerlerin bu adezivlere ilave edilmesi rezin dentin bağına su hareketini arttırmaktadır. Su alımı, polimerin şişmesi ve plastikleşmesine neden olarak mekanik özelliklerini azaltmaktadır. Zamanla rezin dentin bağında hidrolitik ve enzimatik yıkım gözlenir (Dayangaç, 2000; Tay ve Pashley, 2003). Pashley ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmaya göre derin dentinde daha hidrofobik adeziv sistemlerin seçilmesini daha başarılı bulmuşlardır. Son geliştirilen all-in-one adezivlerin bir kısmında pH değeri 2 veya daha yüksek olup smear tabakasını modifiye edebilmekte veya parsiyel olarak kaldırabilmektedirler. Bu etki, rezin uygulaması sırasında dışarı doğru sıvı çıkışını azaltmaktadır. Yine de, smear tabakası pöröz yapıdadır ve dentinal sıvının tamamen çıkışını engelleyememektedir (Ayaz ve ark., 2011).

4.3.6. Restoratif Materyallerin Laboratuvar Koşullarında Klinik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

4.3.6.1. Mikrosızıntı değerlendirmesi

Diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyaller ile kavite duvarı arasında meydana gelen mikro aralıktan bakteri, oral sıvılar, molekül ve iyonlar ile havanın geçişi gerçekleşmektedir. Bu durum, mikrosızıntı şeklinde adlandırılmaktadır.

Günümüzde restoratif diş hekimliğinin en büyük problemlerinden birisi, restoratif materyallerin mine- dentin dokusuna tam olarak bağlanamamasıdır. Bu durum, restorasyon ile diş arasında önlenemeyen mikrosızıntı ve devamında kavite duvarında renkleşme, sekonder çürükler, postoperatif ağrı ve pulpa iltihabı gibi komplikasyonlar oluşturabilmektedir (Altun, 2004). Sızıntının şiddeti arttıkça; zamanla restorasyon ile diş arasındaki bölgede dentin kanallarının içine mikroorganizma geçişi olacak ve buna bağlı olarak toksik ürünlerin neden olduğu pulpal irritasyon ya da inflamasyon gelişecektir (Ayyıldız ve ark., 2009).

Klinik olarak mikrosızıntı yorgunlukla meydana gelmektedir. Yorgunluk; dinamik yüklere maruz kalan yapılarda oluşan bir başarısızlık şeklidir ve stresten, restorasyon tasarımından, komponent yüzeyinin durumu ve konfigürasyonundan ve çevresel faktörlerden etkilenmektedir. Tekrar eden kuvvetler sonucunda oluşan yorgunluk; mikroçatlaklara ve diş-restorasyon arasındaki yüzeyde adeziv başarısızlığa yol açmaktadır (Ayyıldız ve ark., 2009).

Restorasyonların kalıcılığını olumsuz yönde etkileyen, renklenmelerine neden olan, dişte postoperatif duyarlılığa ve ikincil çürüklerin oluşmasına yol açan kenar sızıntısını önlemek veya en aza indirmek için dental materyallerin yapısal özellikleri ya da uygulama yöntemleri geliştirilmiş, diş dokusu ile uyumu artırılarak mikrosızıntı azaltılmaya çalışılmıştır (Ayyıldız ve ark., 2009).

Rezin içerikli restoratif materyallerde gerçekleşen polimerizasyon büzülmesi ve kompozit rezinlerin oral kavitede maruz kaldıkları ısı değişimleri, diş ve restorasyon ara yüzünde sızıntıya sebep olabilecek boşluklar yaratır. Diş dokusu ve kompozit rezin restorasyonların termal genişleme kat sayıları farklıdır. Bu yüzden ağız içi termal ısı değişimleri karşısında, restorasyonların mine ve dentinden daha fazla genişleme ve büzölmeye meyilleri olduğu bildirilmiştir. Polimerizasyon büzölmesi sonrasında, kompozitin ağız ortamından su emilimi sonucu, adezyonun bozulduğu bölgelerde neme bağlı bir genişleme olduğu bildirilmiştir (Retief, 1994). Higroskopik genişleme olarak tanımlanan bu durum, bir dereceye kadar polimerizasyon büzölmesini kompanse edebilmektedir (Toledano ve ark., 1999). Yapılan bir çok çalışma asitle pürüzlendirme ve bonding sisteminin birlikte kullanıldığı total etch sisteminde sızıntıya dayanıklı güçlü bir mikromekanik bağ oluşturduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, dentin veya sement ile kompozit rezin materyallerin oluşturduğu bağın mikrosızıntıya dayanma kabiliyeti tartışmalıdır (Kaplan ve ark., 1992).

Cam iyonomer simanlar dentin ve mineye kimyasal olarak bağlanmaları, florür salınımı yapmaları ve termal genişleme kat sayılarının diş yapılarına benzemesi özellikleriyle mikrosızıntı konusunda rezin materyallerden üstün olma kapasitesine sahiptirler. Cam iyonomer simanların kavite içerisine yerleştirilmesini takiben 24 saat içerisinde gerçekleşen su absorpsiyonu sebebiyle , marjinal boşlukları azaltabilme ve

kompozit rezinlere göre daha düşük mikrosızıntı düzeyi gösterebilme şansları varsa da mikrosızıntıyı önleme kapasiteleri tartışmalıdır (Toledano ve ark., 1999).

Restorasyonun uygulandığı kavite tipi ve kavite sınırlarının bulunduğu diş dokuları da sızıntı paternini etkilemektedir. Çürüğün ilerleme şekline bağlı olarak kavite sınırlarının sement hizasına inebildiği Sınıf II, Sınıf V, Sınıf III ve Sınıf IV restorasyonlarda gingival basamakta meydana gelen mikrosızıntıyı en aza indirebilmek için restoratif materyalin uygulanmasında bir çok yöntem denenmiştir. Sement seviyesinde bitme potansiyeli olan kavite tipleri içerisinde, okluzal yükün en fazla olduğu ve temizlenebilirlik açısından ulaşılması en zor olan Sınıf II kaviteilerin, bukkal ve lingual dikey duvarları boyunca uygulanan bizotaj işleminin, dikey olarak restorasyon boyunca ve yatayda gingival basamakta mikrosızıntıyı en aza indirebildiği öne sürülmüştür (Hilton ve Ferracane, 1999).

Restoratif materyaller ile diş dokuları arasında görülen mikrosızıntının, yetersiz kavite örtülmesi olan restorasyonlarda termal değişikliklerin etkisiyle daha çok arttığı düşünülmektedir. Ağız içi sıcaklık değişimleri günlük yeme, içme ve nefes alma gibi aktiviteler sonucu oluşmaktadır. Termal değişiklikler iki şekilde patojenite oluşturmaktadır. İlk olarak, diferansiyel termal değişikliklerin neden olduğu mekanik gerilmeler, doğrudan bağlı ara yüzler yoluyla çatlakların ilerlemesine neden olabilmektedir. İkinci olarak ise, termal değişim sebebiyle ara yüzde bulunan boşlukların içine ve dışına patojenik oral sıvıları pompalayan boşluk hacim değişiklikleriyle ilişkilidir (Gale ve Darvell, 1999).

Restorasyonların klinik olarak verdikleri hizmetlerin değerlendirildiği *in vivo* çalışmalar pahalı ve zaman alan çalışmalar oldukları için sıklıkla laboratuvar koşullarında taklit edilmektedir. *In vivo* ve *in vitro* çalışma sonuçlarının karşılaştırılabilmesi için koşulların standardizasyonu gerekmektedir (Gale ve Darvell, 1999). Ağız ortamının laboratuvar ortamlarında taklit edildiği termal döngü uygulamaları genellikle *in vivo* koşulları yansıtabilmektedir. *In vitro* çalışmalarda uygulanan döngü prosedürlerinde farklılıklar gözlenmektedir ve birkaç istisna dışında, *in vivo* gözlemler referans alınmadan uygulanmaktadır.

Gale ve Darvell, *in vitro* çalışmalarda daha önce uygulanan termal siklus rejimlerini özetlemek ve yapılan *in vitro* çalışmalarda karşılaştırılabilirliği sağlamak amacıyla yaptıkları çalışma sonucunda, tek ve doğrulanabilir bir termal siklus rejimi önermeyi amaçlamışlardır. Yaptıkları çalışmalarda yeme ve içmenin sebep olduğu sıcaklık değişiminin rutin sınırlarını ölçmeye çalışmışlardır, ancak yemek ve içmek gibi alışkanlıklar çok düzensiz ve bireyden bireye oldukça fazla çeşitlilik gösteren alışkanlıklar olduğu için bireyler arasında büyük farklar saptanmıştır. Bununla birlikte termal yük ve ağız solunumu olmadan intraoral sıcaklık ortalama $35.2(+2.1,-2.1)^{\circ}\text{C}$ bir değer olarak belirlenmiştir (Gale ve Darvell, 1999). Ağızda yiyecek ve içecekler ile 0°C ile 60°C arasında değişebilen ısı değerlerinin oluşabileceği saptanmış ve ağız ortamının minimum $4-8^{\circ}\text{C}$, maksimum $45-60^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklara dayanabileceği bildirilmiştir (Retief, 1994). Oral kavitede meydana gelen sıcaklık değişikliklerinin dişler üzerinde ön ve arka diş gruplarında, bu dişlerin bukkal, palatinal, arayüz, insizal ve servikal bölgelerinde farklı etkileri olmaktadır. Termal değişimler sonucunda meydana gelen marjinal boşluklar açısından, diş yüzeyinden boşluk tabanına kadar olan sıcaklıklar da değişkenlik göstermektedir (Gale ve Darvell, 1999).

Brown ve arkadaşları, herhangi bir çalışmaya dayandırmaksızın, oral kavitede meydana gelen termal değişiklikleri bir döngü olarak kabul ettiğimizde, gün içerisinde 10 adet termal döngü gerçekleştiğini öne sürmüşlerdir (Brown ve ark., 1972). Kim ve arkadaşları, yaptıkları *in vitro* çalışmada herhangi bir çalışmayı baz almaksızın günde 3 kısa periyotla ve her periyot 10 termal döngü içerecek şekilde bir rejim uygulamışlardır. Bu üç kısa periyodun öğünleri temsil ettiklerini belirtmişlerdir (Kim ve ark., 1992). Lloyd ve arkadaşları, ağız içerisinde birkaç yıl hizmet verdikten sonra *in vivo* olarak dişlerde meydana gelen mine çatlak uzunlukları ile *in vitro* çalışmalarda kullanılan ağza sürdükten hemen sonra çekilmiş dişlerin birkaç bin döngüden sonra minelerinde oluşan çatlak uzunluklarının denk olduğunu öne sürmüştür. Ancak bu termal döngü önermesinde dişin ağız içerisinde hizmet verdiği süre ve çekim sırasında uygulanan mekanik stresin dişte yarattığı harabiyetin miktarı gibi değişkenler büyük önem taşımaktadır (Lloyd ve ark., 1978).

Tüm bu çalışmalara ve önermelere rağmen termal siklus uygulamalarında kullanılacak rejim konusunda net bir veri olmamakla birlikte in vitro koşullarda gerçekleştirilen çalışmalarda termal döngü için yaygın olarak 5⁰C soğuk ve 55⁰C sıcaklık değerleri, 30 saniye bir devir olacak şekilde 500 devir sayısının kullanıldığı bildirilmektedir. (Gale ve Darvell, 1999)

Mikrosızıntı değerlendirilmesinde kullanılan testler:

- 1- Boyar madde penetrasyon testleri,
- 2- Radyoizotoplar,
- 3- Kimyasal ajanlar,
- 4- Bakteriyel çalışmalar,
- 5- Hava basıncı yöntemi,
- 6- Nötron aktivasyon analizi,
- 7- Elektro-kimyasal çalışmalar,
- 8- Mikroskopik inceleme yöntemleridir (Taylor ve Lynch, 1992).

4.3.6.1.1. Boyar madde penetrasyon sistemleri

Mikrosızıntının belirlenmesinde boyaların kullanılması en eski yöntemlerden biri olup, kolay ve ucuz olduğu için en çok tercih edilen yöntemlerden biridir (Taylor ve Lynch, 1992). Bu teknik; çekilmiş ve restore edilmiş bir dişin apeksinin tıkanarak restorasyon dışında kalan tüm yüzeyinin cila veya mum ile kaplanmasından sonra belirli bir süre için boya solüsyonu içinde bekletilmesi temeline dayanmaktadır. Daha sonra örneklerin kesitleri alınarak sızan boya miktarı mikroskop altında incelenir (Heintze, 2007).

Kullanılan boyalar solüsyon ya da farklı boyutlarda partiküller içeren süspansiyonlar şeklindedir. Araştırmalarda boyaların farklı konsantrasyonları farklı bekletme sürelerinde kullanılmaktadır. Çoğunlukla kullanılan boyalar; %20'lik floresan, %0,25'lik toluidin mavisi, %2'lik eritrosin, %0,05 kristal violet, %0,5-2 bazik fuksin, %50'lik gümüş nitrat, %2'lik anilin mavisi, %0,2-2 veya %10'luk metilen mavisi, %5'lik eosin gibi çeşitli boya solüsyonları olup en çok tercih edilen boya solüsyonu %2'lik metilen mavisidir (Erdemir ve Yaman, 2011).

Boyaların hazırlama yöntemi de önemlidir. Örneğin bazik fuksinin özellikle propil glikol alkolde çözünmesi ile elde edilen solüsyonun çürük dentine bağlanma özelliğine sahip olduğu ve böyle durumlarda dentinin boyanmasının hatalı yorumlanabileceği bildirilmiştir (Erdemir ve Yaman, 2011).

Ucuz ve kolay temin edilebilir olması, hızlı ve direkt ölçümlere olanak tanınması bu yöntemi diğer yöntemlerden üstün kılmaktadır. Ancak sızıntı tespitinin belirlenmesinde hatalı yorumlara neden olmamak için, sonuçların güvenilirliği açısından birden fazla araştırmacı tarafından değerlendirme yapılması gerektiği bildirilmiştir. Sızıntı araştırmalarında boya penetrasyonu ile kenar sızıntısının saptanmasında genellikle basamaklı olarak artan skalalar kullanılmaktadır (Heintze, 2007).

4.3.6.1.2. Mikrosertlik değerlendirilmesi

Diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyaller sürekli kendini yenilemekte, kullanım alanları ve üreticilerine bağlı olarak aynı türden materyaller bile bazı farklılıklar taşımaktadır. Diş hekimliğinde kullanılan materyallerin ağız içerisinde çiğneme kuvvetlerine karşı uzun süre işlevsel olabilmesi için belirli bir mekanik dirence sahip olmaları gerekmektedir. Materyaller, çiğneme kuvvetlerinin oluşturduğu basınçlar altında kırılmamalı, şekillerini koruyabilmelidir. Zamanla oluşan aşınma ve renk değişimi minimum seviyede kalmalıdır. Ancak bu şekilde klinik olarak uzun yıllar hizmet verebilen restorasyonlar yapmak mümkün olacaktır. Sertlik, pürüzlülük, aşınma direnci ve renk stabilitesi özellikleri restoratif materyallerin yüzey mekanik özelliklerini oluşturmaktadır.

Dişler ve restoratif materyaller ağız içerisinde fonksiyonel ve bazen parafonksiyonel olmak üzere bir çok kuvvete maruz kalmaktadır. Ağız içerisine yerleştirildikten sonra maruz kaldıkları bu kuvvetlerin yarattığı deformasyonlar, elastik gerilme olarak tanımlanmaktadır ve başlangıçta tamamen geri dönüşümlüdür. Kuvvet yükünün artarak devamlılık kazandığı noktada bu deformasyon geri dönüşümsüz, plastik gerilme yaratmakta ve daimi deformasyon meydana gelmektedir. Plastik deformasyonun oluşmaya başladığı nokta elastik limit olarak adlandırılmaktadır. Plastik gerilmenin devam ettiği durumlarda, kırılma ile beraber

kopmalar meydana gelmektedir. Materyaller seçilirken fonksiyon sırasında oluşan basma seviyesini aşmayacak elastik limite sahip olmalarına olabildiğince dikkat edilmelidir. Eğer basma değeri elastik limiti çok az oranda geçiyorsa, oluşan plastik deformasyon çok az olacaktır. Eğer basma değeri bunun çok üstündeyse oluşan deformasyon öncelikle plastik gerilme şeklindedir ve bazı noktalarda kopmalar da oluşur (Türel, 2015).

Klinik koşullarda restorasyon, fonksiyon sırasında döngüsel, kritik sınırın altındaki yüklere maruz kalır. Bu döngülerin her biri tek başına yıkıma neden olmaz fakat zamanla restorasyon yüzeyinde büyüyen çatlaklar oluşturarak marjinal bozulmaya ve restorasyonun kaybına neden olur. Restorasyonun yüzey sertliği rijit materyallerin oluşturduğu basınçlara karşı direnç göstererek restorasyonu korur (Türel, 2015).

Restoratif materyallerin sertlik değeri ölçümünde yaygın olarak kullanılan testler Brinell, Knoop, Vickers ve Rockwell'dir (O'Brien, 2002). Her test birbirinden farklı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Hepsinde genel olarak sertlik değeri ölçülecek materyalin yüzeyine küçük, simetrik şekilli bir ucun penetre edilmesi yöntemi uygulanır. Uygulanacak sertlik testi seçimi materyalin kullanılacağı alana, materyalden beklenen sertlik değerine göre değişir.

Diş hekimliğinde en çok kullanılan testlerden biri olan Vickers sertlik testinin temel prensibi ise; 136 derece tepe açılı elmas kare piramit bir delici ucun, materyalin yerleştirildiği düzlemle yük uygulanacak yüzeyin paralel olduğu ve pürüzsüz bir yüzey elde edilmiş materyal yüzeyine 1 ile 120 kg arasında bir kuvvet uygulanması temeline dayanmaktadır. Uygulanan kuvvet test edilen materyalin sertliğine bağlı olarak değişir. Restoratif dental materyallerin ölçümünde sınırlı derecede kullanılır. Materyale uygulanan yük kaldırıldıktan sonra meydana gelen izin köşegenlerinin ölçülmesinden ibarettir. Vickers testi özellikle çok sert materyallerin sertlik derecesinin ölçülmesinde kullanılmaktadır (O'Brien, 2002).

5. GEREÇ VE YÖNTEM

Yaptığımız çalışmada konvansiyonel cam iyonomer siman, bulk fill cam hibrid restoratif materyallerin LED ışık kaynağı uygulanarak ve uygulanmadan sertleştirilmiş formları ile nanohibrit kompozit restoratif materyalin daimi ve süt dişlerdeki sınıf 2 kavitelerdeki mikrosızıntıları ve yüzey mikrosertlikleri karşılaştırılmıştır. Çalışma protokolü Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 02.04.2018 tarihinde 120 numara onay sırası ile onaylanmıştır. Çalışmamızda :

- 1- Süt dişlerinde açılan Sınıf II kaviterler 5 alt gruba ayrılmıştır. İlk grup kontrol grubu olarak belirlenen kompozit rezin restorasyon materyal ile restore edilmiştir. 2. ve 3. grup konvansiyonel cam iyonomer siman ile restore edildikten sonra bir gruba ısı uygulanmış, diğer gruba uygulanmamıştır. 4. ve 5. grup bulk fill cam hibrid restoratif materyallerle restore edildikten sonra bir gruba ısı uygulanmış, diğer gruba uygulanmamıştır.
 - a. Isı uygulanmamış konvansiyonel cam iyonomer siman ile bulk fill cam hibrid restoratif materyal kendi içlerinde ve kompozit rezin restoratif materyal ile mikrosızıntı açısından karşılaştırılmıştır.
 - b. Isı uygulanmış konvansiyonel cam iyonomer siman ile bulk fill cam hibrid restoratif materyal kendi içlerinde ve kompozit rezin restoratif materyal ile mikrosızıntı açısından karşılaştırılmıştır.
 - c. Isı uygulanmamış ve ısı uygulanmış konvansiyonel cam iyonomer siman ile bulk fill cam hibrid restoratif materyaller mikrosızıntı açısından karşılaştırılmıştır.
- 2- Daimi dişlerde açılan Sınıf II kaviterler 5 alt gruba ayrılmıştır. İlk grup kontrol grubu olarak belirlenen kompozit rezin restorasyon materyali ile restore edilmiştir. 2. ve 3. grup konvansiyonel cam iyonomer siman ile restore edildikten sonra bir gruba ısı uygulanmış, diğer gruba uygulanmamıştır. 4. ve 5. grup bulk fill cam hibrid restoratif materyallerle restore edildikten sonra bir gruba ısı uygulanmış, diğer gruba uygulanmamıştır.

- a. Isı uygulanmamış konvansiyonel cam iyonomer siman ile bulk fill cam hibrid restoratif materyal kendi içlerinde ve kompozit rezin restoratif materyal ile mikrosızıntı açısından karşılaştırılmıştır.
 - b. Isı uygulanmış konvansiyonel cam iyonomer siman ile bulk fill cam hibrid restoratif materyal kendi içlerinde ve kompozit rezin restoratif materyal ile mikrosızıntı açısından karşılaştırılmıştır.
 - c. Isı uygulanmamış ve ısı uygulanmış konvansiyonel cam iyonomer siman ile bulk fill cam hibrid restoratif materyaller mikrosızıntı açısından karşılaştırılmıştır.
- 3- Süt ve daimi dişlerde açılan Sınıf II kaviteler 5 alt gruba ayrılmıştır. Kompozit rezin restoratif materyal ile restore edilmiş örnekler, süt ve daimi dişlerde oluşan mikrosızıntı açısından karşılaştırılmıştır. Konvansiyonel cam iyonomer siman ile restore edilmiş ısı uygulanmamış örnekler, süt ve daimi dişlerde oluşan mikrosızıntı açısından karşılaştırılmıştır. Konvansiyonel cam iyonomer siman ile restore edilmiş ısı uygulanmış örnekler, süt ve daimi dişlerde oluşan mikrosızıntı açısından karşılaştırılmıştır. Bulk fill cam hibrit restoratif materyal ile restore edilmiş ısı uygulanmamış örnekler, süt ve daimi dişlerde oluşan mikrosızıntı açısından karşılaştırılmıştır. Bulk fill cam hibrit restoratif materyalle restore edilmiş ısı uygulanmış örnekler, süt ve daimi dişlerde oluşan mikrosızıntı açısından karşılaştırılmıştır.
- 4- Süt ve daimi dişlerde açılan Sınıf II kaviteler 5 alt gruba ayrılmıştır. Bu 5 alt grup restorasyonun bulunduğu dişin daimi veya süt diş olmasını gözetmeksizin materyal başlığı altında birleştirilmiş ve 5 grup olarak mikrosertlik açısından karşılaştırılmıştır.

Tablo 2 : Çalışmada kullanılan materyaller, üretici firmaları ve kimyasal içerikleri

MATERYAL ADI	ÜRETİCİ FİRMA	İÇERİK
Kemdent Diomond 90	Associated Dental Products Ltd./ Purton, İngiltere SUN531	Toz: Fluoro alumino silikat cam Likit: Poliakrilik asit
EQUIA Forte	GC Co/Tokyo, Japonya 1507029	Toz: Fluoro-alumino-silikat cam, Poliakrilik asit tozu, pigment Likit: Poliakrilik asit, Distile su, Polibasik karboksilik asit
EQUIA Coat	GC Co/Tokyo, Japonya 1502061	%25-50 metil metakrilat %10-15 kolloidal silika %0,09 kamforokinon %30-40 üretan metakrilat %1-5 fosforik ester monomeri
Herculite™ XRV Ultra™	Kerr/Orange, Kaliforniya, ABD 5127254	Bis-GMA, TEGDMA, baryum cam doldurucu(0.4 µm), silikon dioksit (0.02-0.05 µm)
Opti Bond™ All-In-One self etch adesive	Kerr/Orange, Kaliforniya , ABD 2731265	Aseton, etil alkol, TEGDMA, mineral doldurucu, ytterbium florid, fotoinisiatörler, akselatör, stabilize ediciler, su

5.1. Dişlerin Toplanması

Çalışmamızda 50 adet süt, 50 adet daimi insan büyük azı diş kullanıldı. Dişler ışık mikroskobu altında x40 büyütmeyle incelendi ve;

1. Mezial veya distal yüzeylerinden en az birinde çürük bulunmayan
2. Restorasyon bulunmayan
3. Çatlak olmayan
4. Defekt içermeyen
5. Morfolojik açıdan büyük farklılıklar göstermeyen
6. Aşınması olmayan
7. En fazla 1 ay önce çekilmiş dişler çalışmaya dahil edildi.

Çalışmamızda kullanılan süt dişler;

- 1- Persiste süt azı dişler,
- 2- Diş kökünün en az 2/3'ü rezorbe olmuş ve altındaki daimi diş germi sürmeye hazır olan süt azı dişler,
- 3- Profilaksi protokolü uygulanması gereken ve/veya immün sistemi baskılanmış hastalarda fokal enfeksiyon odağı olabilecek süt azı dişler,
- 4- Sürme rehberliği yapmak için ortodontik sebeplerle çekilmiş süt azı dişler olup hastaların onamı dahilinde çekilmiştir.

Çalışmamızda kullanılan daimi dişler;

- 1- Periodontal sebeplerle çekilmiş daimi küçük ve büyük azı dişler,
- 2- Ağız boşluğuna sürmesini tamamlayamayan yumuşak doku retansiyonlu 20 yaş dişleri,
- 3- Ortodontik sebeplerle çekilmiş daimi küçük azı dişler olup hastaların onamı dahilinde çekilmiştir.

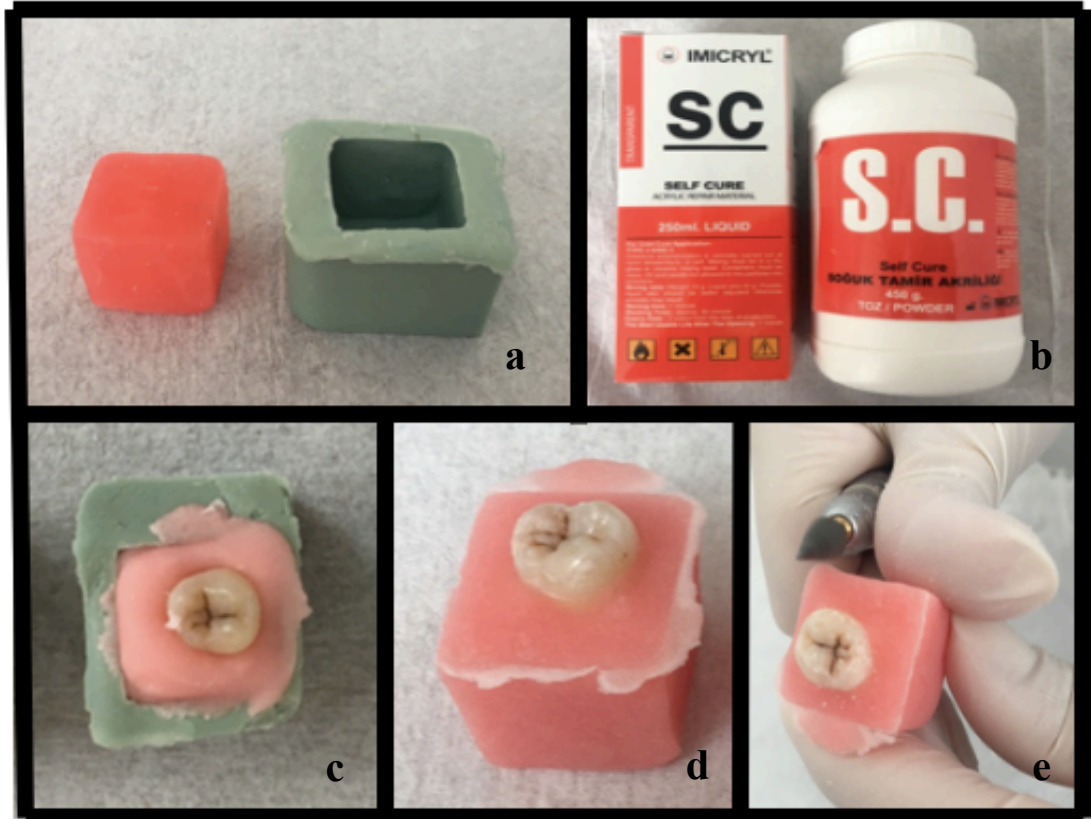
Dişler çekildikten sonra %0.1 'lik timol solüsyonunda oda sıcaklığında ışısız bir ortamda bekletilmiştir. Çekilen dişler yüzeylerindeki tüm yumuşak doku artıkları, diş taşları ve eklemlerinden bistüri ve scaler yardımıyla arındırıldıktan sonra solüsyonları yenilenmiştir.



Resim 1: Periodontal ligament artıklarının diş yüzeyinden temizlenmesi

5.2. Dişlerin Akrilik Kaideye Gömülmesi

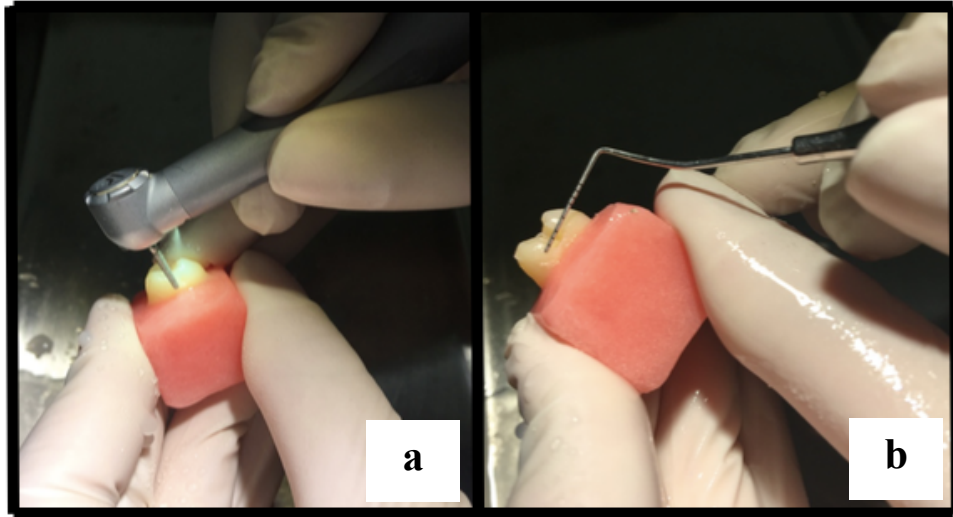
Dişlerin gömüleceği akrilik kaidelerin oluşturulması için dental pembe mum ile daimi ve süt diş köklerini tamamen kapatabilecek şekilde belirlenen ölçülerde, 3cm-3cm-3cm ebatlarında bir küp modelasyonu yapılmıştır. Her bir bölmesi 3cm³ ten büyük ve eşit olan, bölmeli plastik kap içerisine silikon ölçü materyali (ZetaPlus Zhermarck) ile ölçü maddesi hazırlanmış ve bu küpler ölçünün içerisine gömülerek kalıp oluşturulmuştur. Silikon kalıpların içerisine (IMICRYL, self cure) soğuk akrilik hazırlanmış ve hazırlanan akril kaidelerin içine dişler servikalleri akril kaidenin dışında kalacak şekilde gömülmüştür. Donan akril kaideler klinik piyasamem kullanılarak, canavar frez ile tesviyelenmiştir.



Resim 2: a. Mum modelasyon ile silikon ölçüden elde edilen kalıp b. Soğuk akrilik c. Akrilik kaideye servikaline kadar gömülmüş diş d. Polimerizasyonu tamamlanmış akrilik kaide e. Akrilik kaidenin tesviyelenmesi

5.3. Dişlerde Hazırlanan Kavite Preparasyonu

Dişlerin çürük olmayan ve kavite sınırlarının çürük dentinle buluşmayacağı bölgelerine okluzogingival kutu (slot) kavite preparasyonu yapılmıştır. Kavitelelerin büyüklüğü, daimi ve süt dişlerde standart şekilde açılabilmesi ve bu preparasyonlarla pulpa ekspozuna sebebiyet vermemek adına yükseklik 3mm, bukkolingual genişlik 3mm, meziodistal genişliği ise okluzalde 3mm aksiyal basamakta 2mm olacak şekilde hazırlanmıştır. Preparasyonlar yoğun su spreyi altında yüksek hızlı bir el aleti ile elmas rond ve fissür frez (ISO 6856310023, Komet, Lemgo, Almanya) kullanılarak yapılmıştır. Kavitelelerin standardizasyonu için açılan kaviteleler tek bir Williams periodontal sondu (Hu-Friedy Mfg. Company, ABD) ile kontrol edilmiş ve tek araştırmacı tarafından hazırlanmıştır. Kavite preparasyonu sırasında çürük dentin ile ekspoz olan, pulpa ekspozuna neden olunmuş dişler ve preparasyon tamamlandıktan sonra standart olarak belirlenen boyutlardan büyük kavite açılmış dişler örnek grubundan çıkartılmıştır.



Resim 3 : a. Kavite preparasyonunun tamamlanması **b.** Kavite ebatlarının Williams sondu ile kontrol edilmesi

5.4. Restoratif Materyallerin Uygulanması

Dişler her grupta 10 ar diş olacak şekilde 5 farklı süt diş grubuna ve 5 farklı daimi diş grubuna ayrılmıştır.

5.4.1. Kompozit Rezin Restorasyon

Kompozit restorasyonlar için Kerr (Orange, CA, ABD) marka nanohibrit kompozit Herculite XRV Ultra ile bonding ajanı olarak All-In-One OptiBond kullanılmıştır. Bonding ajanının ve restorasyonların polimerizasyonu D-Light Pro (GC, Tokyo, Japonya) LED ışık kaynağının yüksek güç moduyla (1400 mW/cm²) sağlanmıştır.

Bonding şişesi 10 saniye çalkalandıktan sonra tek kullanımlık bond fırçası yardımıyla mine ve hafif nemli bırakılmış dentin yüzeyine 20 saniye kadar uygulandıktan sonra adeziv önce hafif sonra orta dereceli yağ içermeyen hava ile 5 saniye süresince kurutulmuş, 10 saniye sertleştirilmiştir. Ardından kompozit rezin materyal 2mm' yi geçmeyecek kalınlıklarda kavite içerisine yerleştirilmiş ve her bir eklenti 40 saniye kadar ışık cihazıyla polimerize edilmiştir. Restorasyonlar Kerr marka (Orange, CA, ABD) polisaj disk setiyle en kalın grenliden en ince grenliye 4 adet polisaj diski sırasıyla uygulanmış, polisajları tamamlanmıştır.

Restorasyonu tamamlanan dişler tekrar timol solüyonunda bekletilmiş, dehidrate olmaları engellenmiştir.



Resim 4: a. Çalışmada kullanılan nanohibrit kompozit **b.** Çalışmada kullanılan self etch bonding ajanı.

5.4.2. Konvansiyonel Cam İyonomer Restorasyon

Konvensiyonel cam iyonomer restorasyonlar için KemDent markası(Purton, İngiltere) altında restoratif cam iyonomer olarak üretilmiş Diamond Carve 90 kullanılmıştır. Kavite kurutulduktan sonra KemDent Diamond Carve 90'ın kendi likidi pamuk pelet yardımıyla kaviteye 15 saniye uygulanıp, yıkanarak smear tabakası uzaklaştırılmıştır. Daha sonra dentin hafif nemli kalacak şekilde kavite kurutulmuştur. Kendi kitinde verilen 1 kaşık toz, 1 damla likitle karıştırma kağıdında 30-40 saniye kadar karıştırıldıktan sonra çalışma süresi dahilinde (2dk 15sn-1dk 30sn-karıştırma süresi dahil-) dişlere uygulanmıştır. Her diş için tek toz likit karışımı oluşturulmuş ve dişlere tatbik edilmiştir.

Konvansiyonel cam iyonomer restorasyon uygulanan iki adet daimi, iki adet süt diş grubu bulunmaktadır.

1.Grup: Restoratif materyal uygulandıktan sonra restorasyon yüzeyi vazelinle örtülerek timol solüsyonuna bırakılmıştır. (KemDent grubu)

2.Grup: Restoratif materyal uygulandıktan sonra LED ışık kaynağı (D-Light Pro, GC company, Tokyo, Japonya) yüksek güç modu (1400 mW/cm²) ile 40 sn kadar uygulanmıştır. Daha sonra restorasyon yüzeyi vazelinle örtülerek timol solüsyonuna bırakılmıştır. (Kemdent LED+ grubu)

24 saat sonra her iki gruptaki restorasyonlar Kerr'in polisaj disk setiyle en kalın grenliden en ince grenliye 4 adet polisaj diski sırasıyla uygulanarak polisaj tamamlanmış, dişler timol solüsyonunda bekletilmeye devam edilmiştir.



Resim 5: Çalışmada kullanılan konvansiyonel cam iyonomer siman

5.4.3. Bulk Fil Cam Hibrit Restorasyon

Bulk fill cam hibrit restoratif sistem olarak GC firmasının (Tokyo, Japonya) ürettiği kapsül EQUIA Forte kullanılmıştır. Materyalin uygulanacağı dişlere kavite conditioner 10 saniye kadar pamuk pelet yardımıyla kaviteye uygulanıp, yıkanarak smear tabakası uzaklaştırılmıştır. Kavite , dentin hafif nemli bırakılacak şekilde kurutulduktan sonra kapsül sıkıştırılarak amalgamatöre yerleştirilmiş 10 saniye kadar karıştırılmıştır. Karıştırılması biten kapsül EQUIA Forte sisteminin kendi tabancasına yerleştirilerek kavitelere uygulanmıştır. EQUIA Forte ile restore edilecek 2 adet daimi ve 2 adet süt diş grubu bulunmaktadır.

1.grup: Restorasyon tamamlandıktan sonra Kerr'in polisaj disk setiyle en kalın grenliden en ince grenliye 4 polisaj diski sırasıyla uygulanarak polisajı tamamlanmıştır. Daha sonra bond fırçası yardımı ile restorasyon yüzeyi EQUIA Coat ile örtülmüş, 20 saniye kadar LED ışık kaynağı ile (D-light Pro, GC, Tokyo, Japonya) düşük güç modu (700 mW/cm^2) ile polimerize edilmiştir. Tekrar timol solüsyonuna bırakılarak dehidrate olmaları engellenmiştir. (EQUIA Forte grubu)

2.Grup: Restorasyon tamamlandıktan sonra LED ışık kaynağı (D-light Pro, GC, Tokyo, Japonya) yüksek güç (1400 mW/cm^2) modu ile 40 saniye kadar dolgu yüzeyine uygulanmıştır. Daha sonra Kerr' in polisaj disk setiyle en kalın grenliden en ince grenliye 4 adet polisaj diski sırasıyla uygulanarak polisajı tamamlanmıştır. Bond fırçası yardımı ile restorasyon yüzeyi EQUIA Coat ile örtülmüş, 20 saniye kadar LED ışık kaynağının düşük güç (700 mW/cm^2) modu ile polimerize edilmiştir. Tekrar timol solüsyonuna bırakılarak dehidrate olmaları engellenmiştir. (EQUIA Forte LED+ grubu)



Resim 6: Çalışmada kullanılan bulk fil cam hibrit restoratif sistem ve yüzey verniği



Resim 7: Çalışmada restorasyonların polisajlarında kullanılan disk seti



Resim 8: Çalışmada kullanılan LED ışık kaynağı

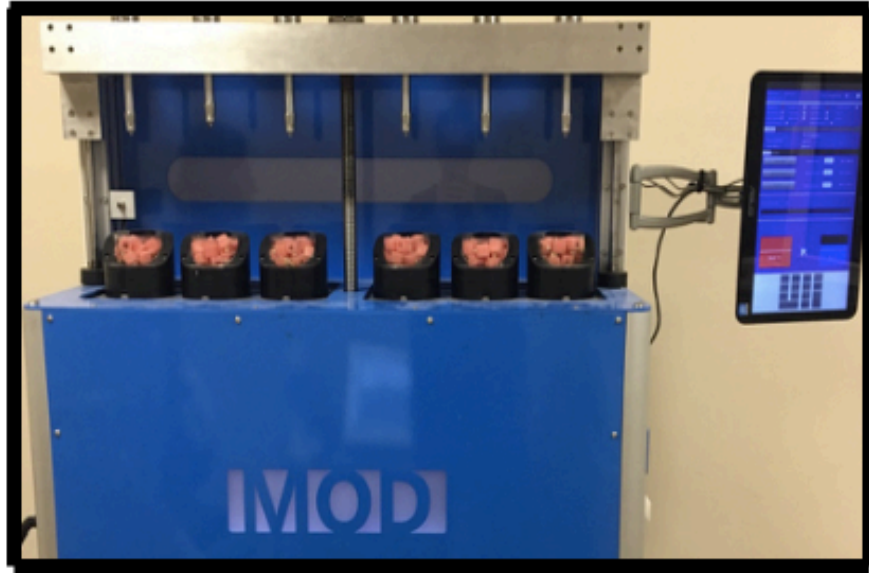


Resim 9: Çalışmada kullanılan amalgamatör

5.5. Mikrosızıntı Değerlendirilmesi

5.5.1. Termal Döngü

Çalışmamızın laboratuvar aşamaları Erzurum Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakóltesi Laboratuvarlarında yapıldı. Dişlerin yaşlandırılmasında termal döngü yöntemi kullanıldı. Laboratuvar işlemleri sırasında herhangi bir karışıklık yaşanmaması için örnekler, her gruba bir numara verilecek şekilde 1'den 10'a kadar numaralandırıldı. Termal döngü için çiğneme simlatörü özelliği de bulunan bir termal döngü cihazı (MOD Dental, Esetron Mekatronik Müh. San. Tic. Ltd. řti, Ankara, Türkiye) kullanıldı. Örnekler, sıcaklıkları +5°C ve +55°C olacak şekilde ayarlanmış suyun dişlerin bulunduğu haznelerde sürekli devir daim yapması ve bu sayede haznede sürekli soğuk veya sıcak su kalması sağlanarak 500 devir termal döngüye tabi tutuldu.



Resim 10: Termal siklus cihazına yerleştirilmiş diş örnekleri

Termal döngü cihazından çıkarılan diş örnekleri dehidrate olma ihtimaline karşı 24 saat distile suda bekletildi. Dişlerde mikrosızıntı değerlendirme testi olarak boyar madde penetrasyon testi ve %0,5'lik bazik fuksin solüsyonu kullanıldı. Kök uçları akril kaide içinde yer alan örneklerin kron bölgesi restorasyonun 1 mm dışından olacak şekilde iki kat tırnak cilasıyla kaplandı. Daha sonra %0,5'lik bazik fuksin içerisine koyularak 24 saat bekletilen örnekler, akan su altında yıkandı. Akril bloklar içerisindeki dişlerden hassas kesim cihazı (Buehler, İsoMet 1000 Precision Cutter,

İllinois, Amerika) ve bilateral elmas disk ile, su soğutması altında, 2000 rpm dönüş hızıyla, dişin okluzogingival olarak orta üçlüsünden oluşan 2mm'lik kesitler alındı.

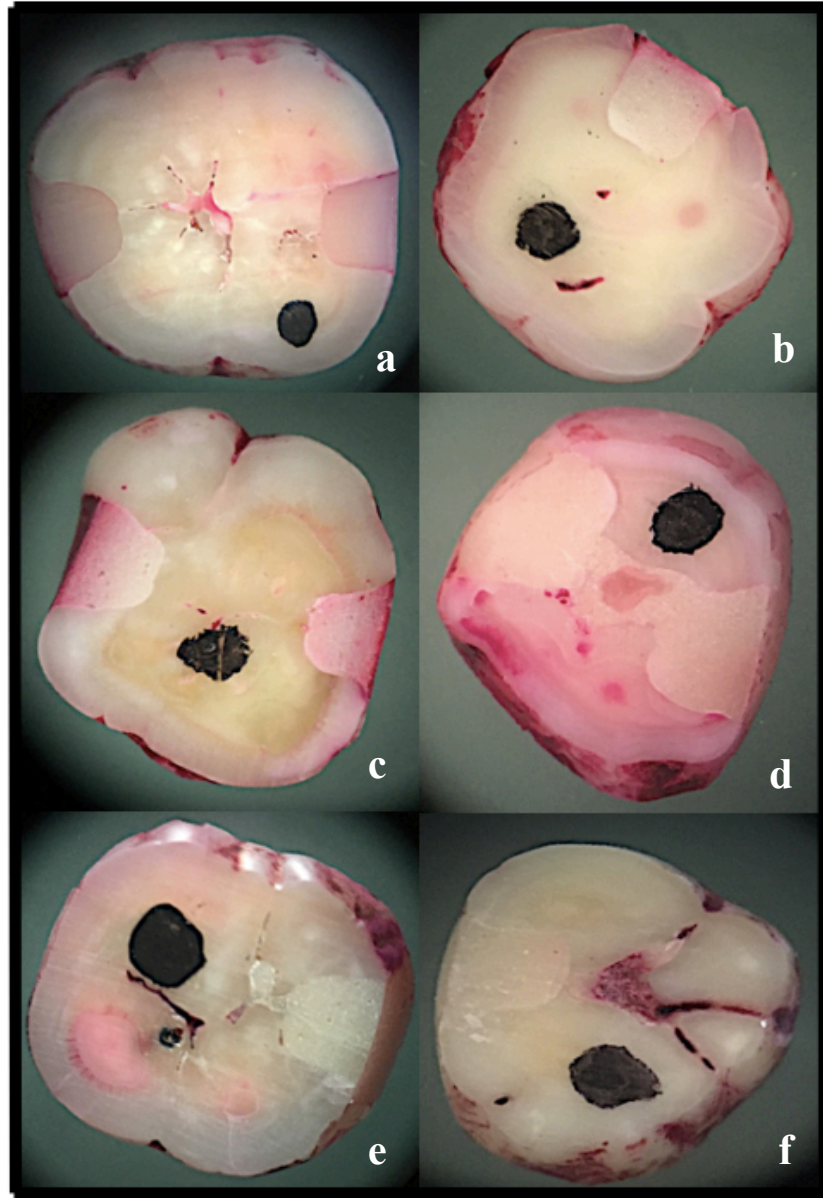


Resim 11: Hassas kesim cihazı (Buehler, İsoMet 1000 Precision Cutter, İllinois, Amerika)

Kesitler stereomikroskop altında x40'lık büyütmede incelendi. Hem dentin hem de mine kenarı için mikrosızıntı skorlaması için aşağıda gösterilen skala kullanıldı.

Tablo 3: Çalışmada kullanılan mikrosızıntı değerlendirme skalası

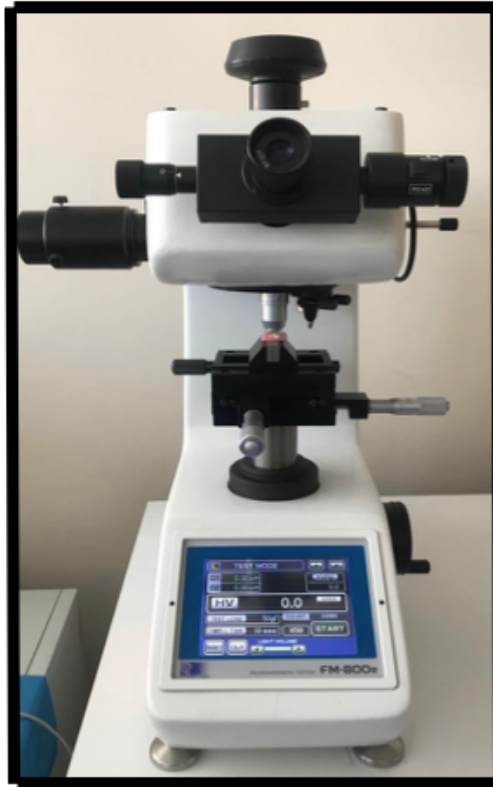
SKOR	KRİTER
0	Boya penetrasyonu yok
1	Sadece mine duvarında olan mine-dentin birleşimine ulaşmayan ve aşmayan boya penetrasyonu
2	Mine-dentin sınırını aşan ancak kavite tabanına ulaşmayan boya penetrasyonu
3	Kavite sınırlarından kavite tabanına kadar ulaşan boya penetrasyonu



Resim 12: Mikrosızıntı skorlarının tespit edildiği stereomikroskop görüntüleri **a.** Skor= 3, 2 (Daimi diş-Kompozit) **b.** Skor=2(Süt diş-Kemdent) **c.** Skor=2 (Daimi diş-Kemdent LED+) **d.** Skor=0 (Süt diş- EQUIA Forte) **e.** Skor=0 (Daimi diş- EQUIA Forte) **f.** Skor=0 (Daimi diş- EQUIA Forte)

5.6. Mikrosertlik Değerlendirmesi

Örneklerin mikrosertlik değerlendirmesi için Vickers cihazı (Vickers-Fm800, Tokyo, Japonya) kullanıldı. Yüzey pürüzlülüğü hassasiyeti ve örneklerin ölçüm yapılacak yüzeylerinin birbirine ve tablaya paralel bulunmasını gerektirmekte olan cihaza, örnekler yerleştirilmeden önce tek tek değerlendirildi. Örneklere sırayla 100, 250, 500 ve 1000 grenli silikon karpit zımpara uygulanarak yüzey pürüzlülükleri giderildi.



Resim 13: Vickers cihazı (Vickers-Fm800, Tokyo, Japonya)

Alt ve üst yüzeyi birbirine paralel olan örnekler cihazın ölçüm tablasına restorasyon yukarda olacak şekilde yerleştirildi. Cihazın en düşük büyütmesi olan x10'luk büyütme ile delici ucun restorasyon üzerine konumlandırılması sağlandı. Daha sonra x40'luk büyütme ile 136° tepe açılı elmas kare piramit delici ucun uygulanacağı alan belirlendi. Örneklere uygulanacak kuvvet ve süresi açısından 5 grupta da en net görünütünün elde edildiği kuvvet zaman kombinasyonu uygulandı. Ölçümler, örneklere 100 kg lık kuvvet 20 sn uygulanarak yapıldı . Üç ayrı noktada

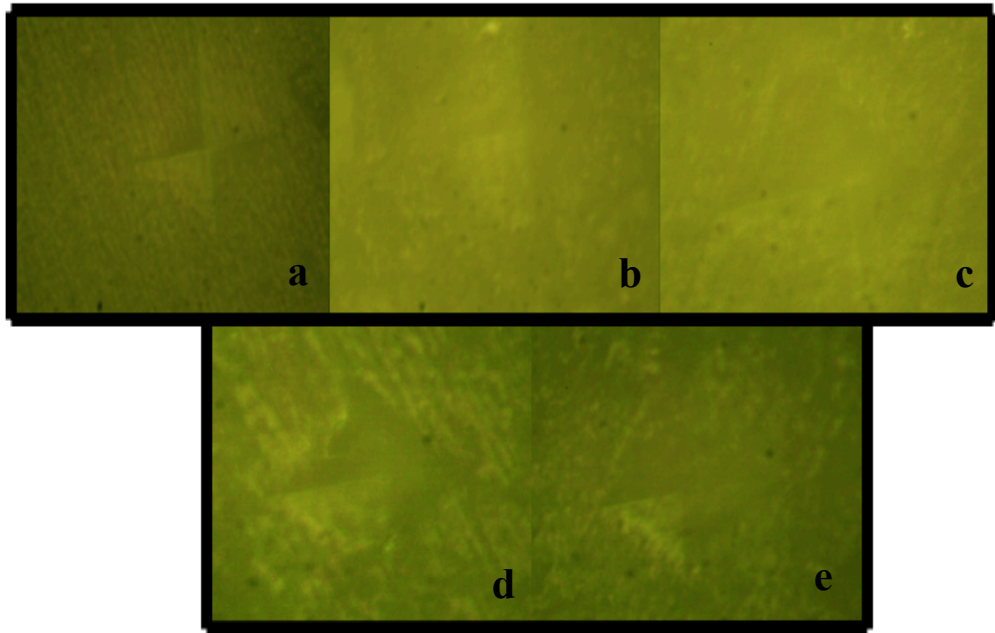
ölçüm alınan örneklerden ölçülen değerlerin ortalaması alınarak her gruba ait VHN değeri (Vickers Hardness Number) hesaplandı. Vickers sertlik değeri (VHN) uygulanan kuvvetin, piramit şeklindeki yükleme ucunun oluşturduğu yüzey alanına bölünmesiyle elde edildi (Moradkhani, Baharvandi et al. 2013). Elde edilen değerler aşağıdaki formül kullanılarak cihaz tarafından hesaplandı.

$$H_v = 1.8544 \frac{P}{d^2}$$

P = Yük, kgf

d = çentiğin iki köşegeninin ortalama uzunluğu, mm²

Ortalama sertlik değeri her bir örnek için merkezden perifere doğru yapılan üç ölçümün ortalamasının alınmasıyla elde edildi.



Resim 14: Kesitlerden elde edilen Vickers görüntüleri **a.**Kompozit rezin **b.** Kemdent **c.**LED + kemdent **d.** EQUIA Forte **e.** LED+ EQUIA Forte

5.7. İstatistiksel Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Türkiye) programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilks testi ile değerlendirilmiştir. Normal dağılım gösteren parametrelerin gruplar arası karşılaştırmalarında Oneway Anova testi ve farklılığa neden çıkan grubun tespitinde grupların varyansları homojen olmadığından Tamhane's T2 test kullanıldı. Normal dağılım göstermeyen parametrelerin gruplar arası karşılaştırmalarında Kruskal Wallis testi ve farklılığa neden çıkan grubun tespitinde Bonferroni Düzeltmeli Mann Whitney U test kullanıldı ve anlamlılık düzeyi $p < 0.005$ ($0.05/10$) olarak alındı. Mikrosızıntı için gözlemciler arasındaki uyumun belirlenmesinde Kappa Uyum Katsayısı hesaplandı. Anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

6. BULGULAR

6.1. Mikrosızıntı Değerlendirmesi

Çalışmamızda kesit alınan diş örneklerinin stereo mikroskop altında X40'lık büyütmesi ile elde edilen görüntüler, çalışmanın mikrosızıntı değerlendirmesinin güvenilirliği açısından iki gözlemci tarafından skorlaması yapılmıştır. Öncelikli olarak gözlemciler arasındaki uyum Kappa testine göre değerlendirilmiştir.

Birinci gözlemci örneklerin %30'unda mikrosızıntı düzeyini 0, %48'inde 1, %14'ünde 2 ve %8'inde 3 olarak belirlemiştir. İkinci gözlemci örneklerin %32'sinde mikrosızıntı düzeyini 0, %46'sında 1, %22'sinde 2 olarak belirlemiştir. Gözlemciler arasındaki kappa uyum katsayısı düzeyi %75.5'tir (Kappa: 0.755; %95 CI:0.644-0.865; p:0.000; p<0.05).

Tablo 4: Mikrosızıntı değerlendirmesinde gözlemciler arası uyumun değerlendirilmesi

1. GÖZLEMÇİ					
2. GÖZLEMÇİ	0	1	2	3	<i>Toplam</i>
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	<i>n (%)</i>
0	30 (%30)	2 (%2)	0 (%0)	0 (%0)	<i>32 (%32)</i>
1	0 (%0)	43 (%43)	3 (%3)	0 (%0)	<i>46 (%46)</i>
2	0 (%0)	3 (%3)	11 (%11)	8 (%8)	<i>22 (%22)</i>
<i>Toplam</i>	<i>30 (%30)</i>	<i>48 (%48)</i>	<i>14 (%14)</i>	<i>8 (%8)</i>	<i>100 (%100)</i>

Bulunan değerlerden maksimum olanı baz alınarak örneklerin mikrosızıntı değerlendirmesi yapılmıştır.

Tablo 5: Mikrosızıntı değerlendirmesi

	Mikrosızıntı				¹ p
	Daimi		Süt		
	Median	Min-Maks	Median	Min-Maks	
Kompozit	1,5	1-3	1	0-2	0,108
Kemdent	1	1-1	1	0-3	0,543
Kemdent LED+	1,5	1-3	2	1-3	0,397
EQUIA Forte	0	0-3	1	0-1	0,136
EQUIA Forte LED+	0	0-1	0	0-1	1,000
² p	0,000*		0,000*		

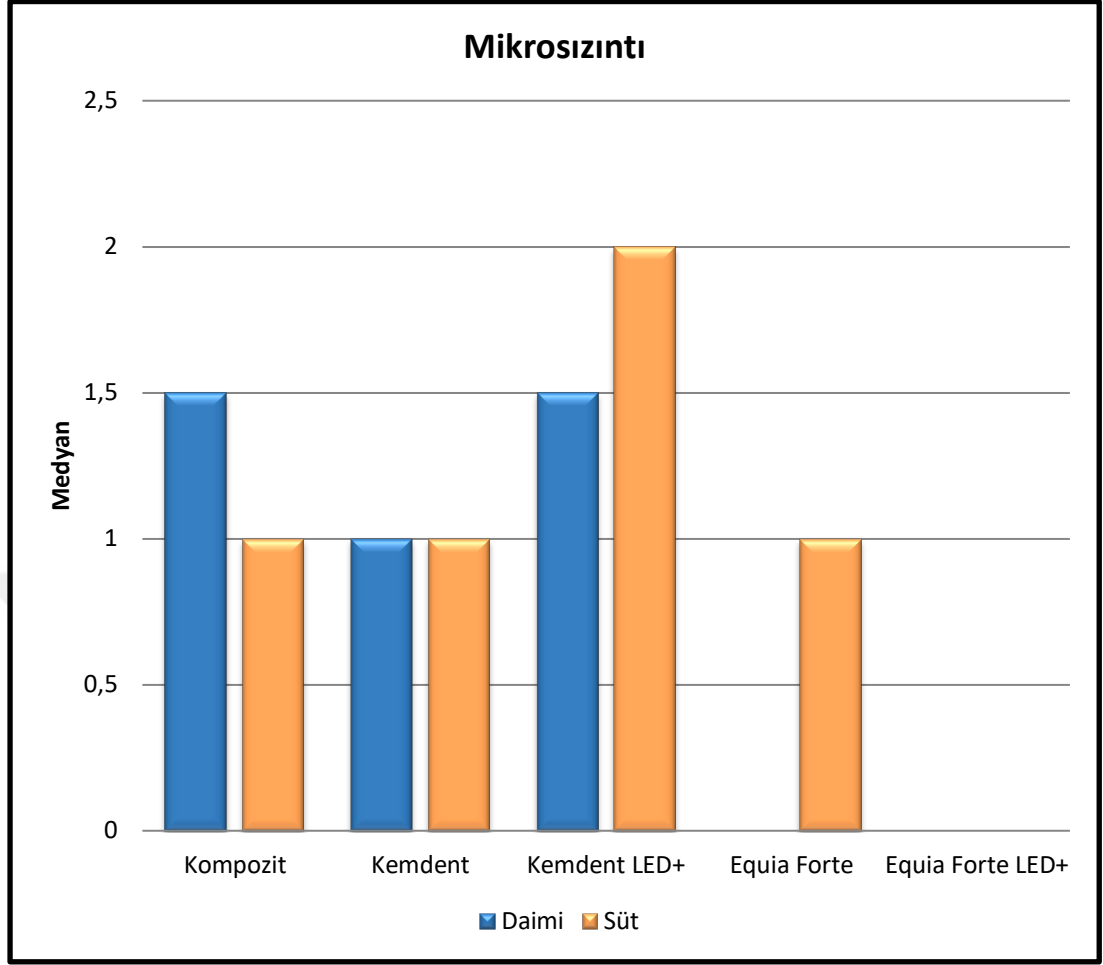
¹Mann Whitney U Test²Kruskal Wallis Test* $p < 0.05$

Tablo 6: Grupların mikrosızıntı düzeylerinin post hoc değeriendirilmesi

	Daimi	Süt
	p	p
Kompozit - Kemdent	0,012	0,926
Kompozit - Kemdent LED+	0,836	0,015
Kompozit - EQUIA Forte	0,002*	0,060
Kompozit - EQUIA Forte LED+	0,000*	0,002*
Kemdent - Kemdent LED+	0,013	0,033
Kemdent - EQUIA Forte	0,003*	0,060
Kemdent - EQUIA Forte LED+	0,000*	0,002*
Kemdent LED+ - EQUIA Forte	0,002*	0,001*
Kemdent LED+- EQUIA Forte LED+	0,000*	0,000*
EQUIA Forte - EQUIA Forte LED+	0,914	0,075

Bonferroni Düzeltmeli Mann Whitney U Test

**p<0.005*



Şekil 3: Çalışmada yer alan süt ve daimi dişlerde oluşturulan 5 alt grubun mikrosızıntı karşılaştırılması

Daimi dişlerde gruplar arasında mikrosızıntı düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p:0.000$; $p<0.05$) (Tablo 5). Anlamlılığın hangi gruplardan kaynaklandığının tespiti için Bonferroini Düzletmeli Mann Whitney U Test yapılmış ve anlamlılık düzeyi $p<0.005$ olarak kabul edilmiştir. Buna göre bakıldığında; EQUIA Forte grubunun mikrosızıntı düzeyi, Kompozit, Kemdent ve Kemdent LED+ gruplarından anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p<0.005$). EQUIA Forte LED+ grubunun mikrosızıntı düzeyi, Kompozit, Kemdent ve Kemdent LED+ gruplarından anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p<0.005$). Diğer gruplar arasında mikrosızıntı düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.005$) (Tablo 6).

Süt dişlerde gruplar arasında mikrosızıntı düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p:0.000$; $p<0.05$) (Tablo 5). Anlamlılığın hangi gruplardan kaynaklandığının tespiti için Bonferroini Düzletmeli Mann Whitney U Test yapılmış ve anlamlılık düzeyi $p<0.005$ olarak kabul edilmiştir. Buna göre bakıldığında; EQUIA Forte LED+ grubunun mikrosızıntı düzeyi, Kompozit, Kemdent ve Kemdent LED+ gruplarından anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p<0.005$). EQUIA Forte grubunun mikrosızıntı düzeyi, Kemdent LED+ grubundan anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p<0.005$). Diğer gruplar arasında mikrosızıntı düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.005$) (Tablo 6).

Kompozit Grubunda; Daimi ve Süt dişlerin mikrosızıntı düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 5).

Kemdent Grubunda; Daimi ve Süt dişlerin mikrosızıntı düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 5).

Kemdent LED+ Grubunda; Daimi ve Süt dişlerin mikrosızıntı düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 5).

EQUIA Forte Grubunda; Daimi ve Süt dişlerin mikrosızıntı düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 5).

EQUIA Forte LED+ Grubunda; Daimi ve Süt dişlerin mikrosızıntı düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 5).

6.2. Mikrosertlik Değerlendirmesi

Çalışmamızda mikrosertlik değerlendirilmesi, restorasyonun bulunduğu dişin daimi veya süt diş olmasını gözetmeksizin materyal başlığı altında birleştirilmiş ve 5 grup olarak mikrosertlik açısından karşılaştırılmıştır. Gruplar arasında mikrosertlik ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p:0.000$; $p<0.05$) (Tablo 7). Anlamlılığın hangi gruplardan kaynaklandığının tespiti için yapılan ikili karşılaştırmalar sonrasında; EQUIA Forte LED+ grubunun mikrosertlik ortalaması, Kompozit, Kemdent, Kemdent LED+ ve EQUIA Forte gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). EQUIA Forte grubunun mikrosertlik ortalaması, Kemdent ve Kemdent LED+ gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Diğer gruplar arasında mikrosertlik açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$) (Tablo 8).

Tablo 7: Mikrosertlik değerlendirilmesi

	Mikrosertlik	p
	Ort±SS	
Kompozit	221,08±35,05	
Kemdent	205,40±22,58	
Kemdent LED+	212,14±32,11	0,000*
EQUIA Forte	256,69±40,65	
EQUIA Forte LED+	362,49±114,90	

Oneway ANOVA Test

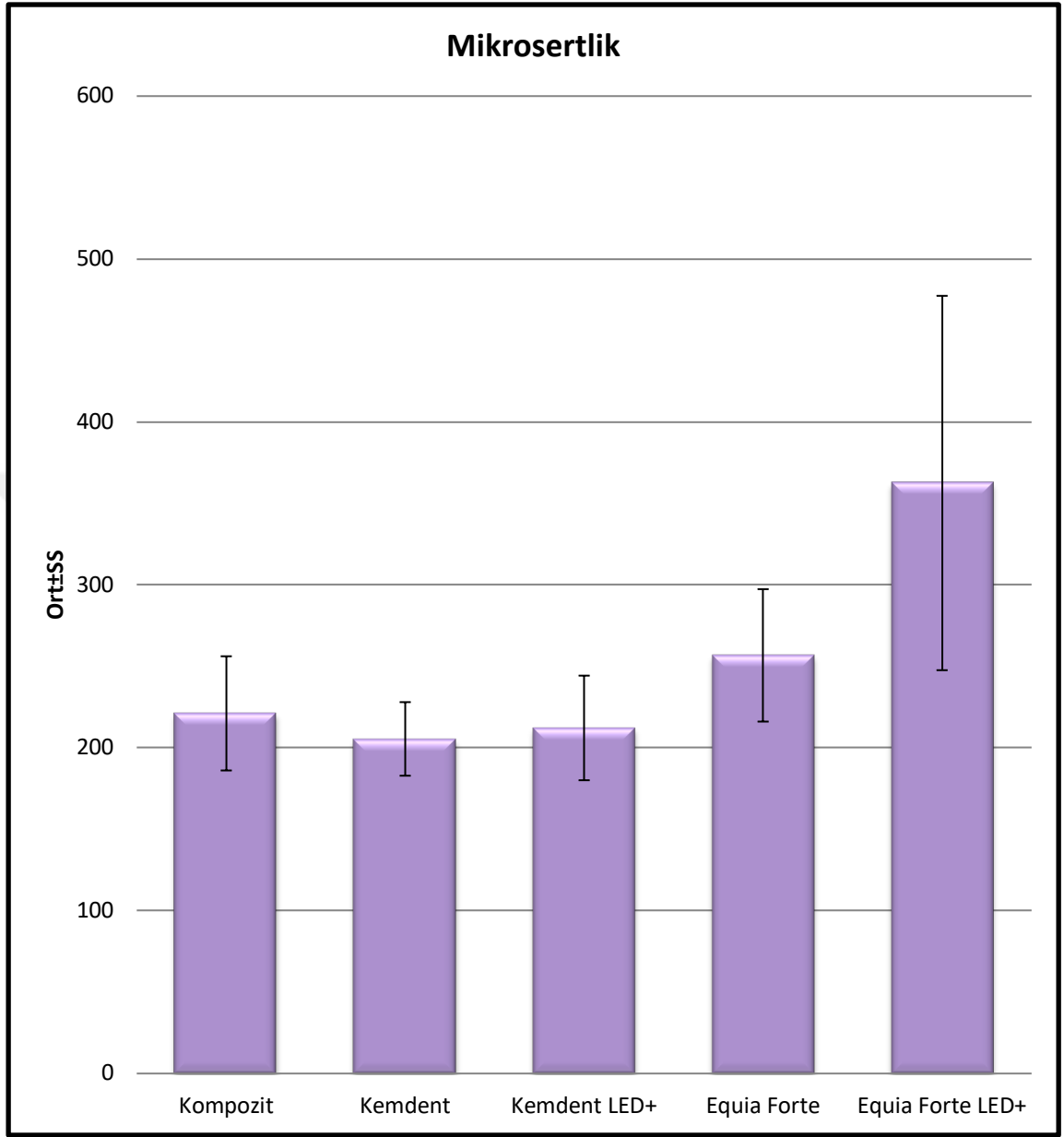
** $p<0.05$*

Tablo 8:Grupların mikrosertlik düzeylerinin post hoc değerlendirilmesi

	Mikrosertlik
	p
Kompozit - Kemdent	0,821
Kompozit - Kemdent LED+	0,999
Kompozit - EQUIA Forte	0,169
Kompozit - EQUIA Forte LED+	0,003*
Kemdent - Kemdent LED+	0,999
Kemdent - EQUIA Forte	0,005*
Kemdent - EQUIA Forte LED+	0,001*
Kemdent LED+ - EQUIA Forte	0,035*
Kemdent LED+- EQUIA Forte LED+	0,002*
EQUIA Forte - EQUIA Forte LED+	0,036*

Tamhane's T2 Test

**p<0.005*



Şekil 4: Çalışmada yer alan 5 alt grubun mikrosertlik açısından karşılaştırılması

7. TARTIŞMA

Diş hekimliğinde klinik kullanımda bulunan, direkt restoratif materyal olarak kullanılabilen materyaller; amalgamlar, kompozit rezinler ve cam iyonomer simanlardır. Amalgamların, kesici dişlerde kullanımı mümkün olmamakla birlikte, azı dişlerindeki kullanımı da gün geçtikçe azalmaktadır. Dental travmaların ve hastalıkların tedavisinin estetikten taviz verilmeden yapılabileceğini bilmek, diş hekimlerinin ve hastaların gün geçtikçe daha az metalik restorasyon, daha fazla diş renginde restorasyon talep etmesiyle sonuçlanmaktadır. Bu durumda direkt restorasyon seçeneği olarak cam iyonomer simanlar ve kompozit rezin materyaller ön plana çıkmaktadır (Pitel, 2014).

Kompozit rezinler; 1962 yılında Bowen isimli bilim adamının glisidil metakrilat ve bisfenol a'nın reaksiyonu sonucu elde ettiği BİS-GMA monomeri ile, ardından görünür ışıkla aktive olan foto başlatıcıların formülasyonuna eklenmesiyle bugünkü noktasına gelmiştir. Kompozit rezinler, hem kesici ve hem azı dişlerin restorasyonunda kullanılabilen estetik özellikleri ön planda olan restoratif materyallerdir. (Pitel, 2014)

Kompozitler, matriks faz içinde dağılmış olan doldurucu partiküllerin silan ajan ile bağlanması sonucu oluşturulan materyallerdir. Diş hekimliğinde kullanılan kompozit rezinlerin ana maddesi rezin matriks (organik faz)tir. Rezin, kompozitin kimyasal olarak aktif olan bileşenidir ve monomerlerden oluşmaktadır (Powers ve Wataha, 2014). Bisfenol a dental kompozit rezin yapısının bir monomeridir. Rezin bazlı dental materyallerden polimerize olmamış monomerlerin çözünmesi ve vücuda alınması ile toksik etki yaratabileceği düşünülmektedir. Salınan bu artık monomerler gastrointestinal sistem aracılığıyla veya deriden emilerek , dentin tübüleri aracılığı ile pulpaya ulaşması sonucu toksik etki oluşturarak hastayı etkileme potansiyeli taşırken, solunum yolu ile hekim ve yardımcı dental personeli etkileme potansiyeline sahiptir. (Akyüz ve ark., 2011). Kompozit rezin materyallerin biyouyumluluğu açısından var olan bu tablo son zamanlarda diş hekimlerinin ve özellikle de çocuk diş hekimlerinin cam iyonomer esaslı materyallere olan eğilimini artırmaktadır.

Cam iyonomer simanlar ise ilk defa 1972 yılında Wilson ve Kent isimli bilim adamları tarafından; iyon salma kapasitesi olan cam partikülleri ile akıcı bir poliakrilik asit solüsyonu arasında gerçekleşen asit-baz reaksiyonu sonucu oluşan, dental çürüklerin tedavisinde faydalı olma potansiyeli olan bir materyal olarak rapor edilmişlerdir. Diş hekimleri arasında piyasaya sürüldükleri günden beri kaide maddesi, yapıştırıcı siman ve kron alt yapı materyali olarak oldukça kabul görmüş ve yaygın olarak kullanılmışlardır. Direkt restorasyon materyali olarak da kullanılabilme endikasyonları olmasına rağmen, cam iyonomer simanlar diğer endikasyonlarına göre direkt restoratif materyal olarak daha az kabul görmüşlerdir. Sebep olarak cam iyonomer simanların opaklık, kırılgenlik, pürüzlü yüzey kalitesi, yüksek aşınma oranı, renklenme potansiyeli ve uzun sertleşme süresi gibi dezavantajları gösterilmiştir. Piyasaya çıktıkları günden bugüne kadar geçen sürede üreticilerin materyalde yapmış oldukları gelişmeler; dayanıklılık, estetik ve klinik kullanım kolaylığı alanlarında cam iyonomer simanların bir çok klinik sınırlandırmalarını aşmalarını sağlamıştır. (Pitel, 2014)

Materyal seçiminde hekimlerin temel endişesi yaptıkları restorasyonun hasta ağzında semptomsuz, işlevsel ve uzun süreli hizmet verebilmesidir. Restorasyonun klinik ömrünün uzun olması diş hekimliğinde başarının en önemli parametrelerinden birisidir. Restorasyonların ağız içerisinde kalma süreleri, kullanılan materyalin çiğneme kuvvetlerine dayanıklılık, aşınmaya direnç, suya dayanıklılık, hacimsel stabilite ve renk stabilitesi gibi kullanılan materyalin özelliklerine bağlı olduğu kadar; uygulandığı ağız bölgesinin yerine, restorasyonun büyüklüğü ve lokalizasyonuna, hastanın çiğneme alışkanlıklarına ve çiğneme kuvvetine, diyet alışkanlıklarına, ağız hijyeni alışkanlıklarının derecesine ve devamlılığına, tükürük miktarı ve kimyasını etkileyen sistemik rahatsızlıklara da bağlıdır (Ömürlü ve ark., 2011). Ağız içine uygulanan restorasyonların zamana bağlı olarak klinik başarıları için çeşitli değerlendirme yöntemleri vardır. Klinik araştırmalarda sıklıkla, Ryge ve Cvar tarafından 1971 yılında geliştirilen United States Public Health Service (USPHS) kriterleri kullanılarak restorasyonlar değerlendirilmektedir. Bu kriterler restoratif materyalin renk uyumu, marjinal renk değişikliği, anatomik formun korunması, marjinal adaptasyon ve çürük oluşumu üzerinden değerlendirilmektedir (Schmalz ve Ryge, 2005).

Restoratif materyallerin en büyük başarısızlık sebebi sekonder çürük oluşumu olarak bilinmektedir. Mjör, Dahl ve arkadaşlarının 2002 yılında yayınlamış oldukları çalışma için 243 diş hekimi tarafından süt dişlerine uygulanan restoratif materyaller, bu restorasyonların ağız içerisinde hizmet verme süresi, yenilenme ihtiyacı duyan restorasyonların hangi materyallerden yapıldığı ve neden yenilediği bilgileri kaydedilmiştir. Çalışmanın sonucunda kaybedilen restorasyonların %50'den fazlasının sekonder çürük sebebiyle kaybedildiği belirtilmiştir (Mjör ve ark., 2002).

Restorasyonun klinik olarak başarılı olması için sekonder çürük gelişiminin önlenmesi veya geciktirilebilmesi oldukça önemlidir. Bunun için yapılan restorasyonda iyi bir kenar uyumu elde edilmeli, ağız sıvılarının dentine sızması, bakteri ve toksinlerinin dentinde ve dentin kanalları yoluyla pulpada iltihapsal değişimlere neden olması engellenebilmelidir. Bu noktada mikrosızıntı kavramı önem kazanmaktadır. Mikrosızıntı; bakterilerin, ağız sıvılarının, moleküllerin ve iyonların kavite duvarları ile kaviteye uygulanan restorasyon materyali arasındaki geçişi olarak tanımlanmaktadır. Diş ve restorasyon ara yüzeyindeki sızıntının engellenmesi restorasyonların başarısı ve klinik ömrü açısından büyük önem taşımaktadır (Erdemir ve Yaman, 2011).

Mikrosızıntının nedenleri arasında kullanılan dolgu materyali ile diş dokuları arasındaki termal genleşme kat sayısı farklılığı, mine ve dentin arasındaki termal genleşme kat sayısı farklılığı, kullanılan dolgu materyalinin polimerizasyonu esnasında büzüşmesi, zaman içerisinde dolgu yüzeyinin aşınması, dolgunun okluzal kuvvetler ile elastik deformasyona uğraması gibi hekimden bağımsız; dolgu yerleştirilmesi esnasında gerekli kurallara uyulmaması ve izolasyon sağlanamaması gibi hekime bağlı faktörler de yer almaktadır (Altun, 2004).

Mineralize diş dokularına bağlanabilmeleri, doku uyumları ve fluor açığa çıkarabilmelerinin yanı sıra; fiziksel özellikleri yönünden devamlı gelişmeler gösteren cam iyonomer simanlar, süt dişlerinin restorasyonunda önemli bir yere sahiptir (Pashley, 1990). Aynı zamanda diş dokularına benzer termal genleşme kat sayılarına sahip olmaları, ağız içi sıcaklık değişimleri sırasında dişlerle benzer genleşme ve büzüşme göstermelerini sağlamakta, böylece diş dokuları ile aralarında mikrosızıntıya sebep olabilecek marjinal boşlukların oluşmasını engellemektedir. Yan ve

arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, cam iyonomer simanların laboratuvar koşullarında, standart ağız içi sıcaklık aralığındaki ısı değişimleri sonucunda minimal boyut değişimi göstererek, değişen sıcaklık koşullarında akıllı davranış gösterdikleri belirtilmiştir (Yan ve ark., 2007).

Cam iyonomer simanların, dişin mine ve dentin dokusuna kimyasal olarak bağlanabilme özellikleri mikrosızıntı açısından cam iyonomer simanlara önemli bir üstünlük kazandırmaktadır. Cam iyonomer simanların diş dokularına oluşturduğu kimyasal bağın kompozit rezin materyallerin diş dokularına oluşturdukları mikromekanik bağlantıya göre güçlü olduğunu belirten bir çok çalışma bulunmaktadır. İn vitro koşullarda cam iyonomer simanların, kompozit rezin restorasyonlara göre düşük çekme dayanımı göstermelerinin sebebi; kimyasal bağlanma olarak tanımlanan kovalent bağların kopmasıyla gerçekleşen adeziv kopma değil, restorasyonun mekanik özelliklerinin eksikleri sebebiyle oluşan koheziv kopmadır. Bu yüzden materyal ne kadar güçlü olursa çekme dayanım kuvveti o kadar yüksek olacaktır (Mount, 2003).

Kompozit rezin materyaller, iyi adapte edilmiş dolgu bitim sınırları, kalan diş yapısının güçlendirilmesi ve desteklenmesi, diş yapısına iyi adezyon göstermesi ve estetik bir bitim sağlaması nedeniyle süt dişlerinde kullanımı oldukça başarılı olan restoratif materyallerdir. Kompozit rezin materyaller, süt dişlerinin Sınıf I ve Sınıf II restorasyonları için başarılı bir restoratif materyal olabilecekleri bilinmesine rağmen hassas uygulanma tekniği gerektirmektedirler (Croll ve ark., 2001). Kompozit rezin dolgu materyallerinin uygulama aşamaları çocuk hastada kritik ve restorasyonu başarısızlığa götürebilecek ciddi pratik dezavantajlar yaratmaktadır (Croll ve ark., 2001).

Kompozit restorasyonların başarısının izolasyonla direkt ilişkisi sebebiyle koopere olmayan çocuklarda ve nem kontrolünün kritik olduğu durumlarda restorasyonun başarısı tehlikeye girebilir. Bu durum, tüm restoratif materyallerin klinik başarılarının araştırıldığı çalışmalarda gözlenen kompozit rezin restorasyonlar ile ilgili başarısızlık oranını açıklayabilir. Davranış yönlendirmesi açısından güçlük yaşanan küçük yaşlardaki çocuk hastalarda kompozit restorasyonlar yapmak için dişleri uygun şekilde izole etmek bazen imkansız olabilmektedir. Çocuk hasta ile uyum sağlanmasına rağmen izolasyonun mümkün olamadığı klinik koşullar da

oluşabilmektedir. Bu gibi durumlarda, neme daha az duyarlı oldukları için kompomerler, konvansiyonel ve rezin modifiye cam iyonmer simanlar iyi birer alternatif olabilmektedir. Bu tür materyaller, daimi dişlerde beklenen performansa göre süt dişlerinde, doğal dökülme sürecine kadarki kısa dönemde, uygun bir şekilde hizmet verebilmektedirler (Chisini ve ark., 2018).

Azı dişlerinin restorasyonunda kullanılabilir restoratif materyaller için aşınmaya dayanıklı olması, yüzey sertliği ve kırılma direnci gibi mekanik özellikler oldukça önem kazanmaktadır. Aşınma direnci; iki yüzey temas halindeyken, restoratif malzemeninin yüzeyinden ilerleyici yapısal madde kaybını sınırlayan mekanik bir özelliktir. İn vivo ölçümler, okluzal temas alanlarında aşınmanın daha muhtemel olduğunu göstermiştir. Bu yüzden aşınma direnci yüksek materyallerin önemi okluzal temas alanlarını içermeye potansiyeli olan Sınıf I ve Sınıf II restorasyonlarda daha çok ön plana çıkmaktadır (Mair ve ark., 1996).

Cam iyonmer simanların, süt dişleri ile benzer düşük aşınma direnci göstermeleri bir avantaj olabilmektedir. Bununla birlikte kırılma direnci ve mikrosertlik gibi mekanik özelliklerinin yetersizliği hem süt hem daimi dişlerin direkt restoratif materyali olarak kullanılabilmesi için dezavantaj oluşturmaktadır.

Günümüzde diş dokusunun asgari miktarda çıkarılması ve demineralize dentin üzerinde muhtemelen tedavi edici etki yapan adeziv restorasyon materyallerin uygulanması ile gerçekleşen minimal invaziv diş hekimliği önem kazanmıştır. Bunun sonucunda, konvansiyonel cam iyonmer simanların temel dezavantajlarını ortadan kaldırmak için bir çok çalışma yapılmıştır. Geleneksel cam iyonmer simanların toz kısmına fiberglass partikülleri ve yüksek moleküler ağırlıklı toz poliakrilik asit eklenerek, partikül büyüklüğü dağılımı optimize edilmiş ve yüksek toz/likit karışım oranına sahip yüksek viskoziteli cam iyonmer simanlar elde edilmiştir. Yüksek viskoziteli cam iyonmer simanlar geleneksel cam iyonmer simanlara kıyasla matriksinde daha yüksek oranda çapraz bağlantı oluşturmakta ve daha üstün basınç dayanımı ve aşınma direnci göstermektedirler (Scholtanus ve Huysmans, 2007).

Son zamanlarda, nano dolduruculu yüzey verniği ile birleştirilmiş yüksek viskoziteli cam iyonmer simandan oluşan bir sistem (EQUIA, GC, Tokyo, Japonya) piyasaya sürülmüştür. Sistemin, yüksek viskozite ile birlikte yüksek hidrofilik

yapıdaki nano dolduruculu yüzey verniği cam iyonmer simana mükemmel bir sızdırmazlık sağlamaktadır. Birleşik nano doldurucuların materyali yüzey aşınmasına karşı koruması; cam iyonmer simanlar tamamen olgunlaşana ve intraoral strese dayanabilinceye kadar olan dönemde sisteme önemli bir avantaj oluşturmaktadır. Aynı zamanda bu yüzey verniği, materyalin estetik yüzey özelliklerini iyileştirmektedir. Firma bu sistem ile kalıcı azı dişlerin dahi cam iyonmer simanlarla restorasyonunun mümkün olduğunu öne sürmektedir (Gurgan ve ark., 2015).

Gurgan, Kütük ve arkadaşlarının 2015 yılında yayınlamış oldukları çalışmada, 140 hasta üzerinde yapılan, EQUIA Fil (GC, Tokyo, Japonya) ve EQUIA Coat (GC, Tokyo, Japonya) dan oluşan restoratif cam iyonmer sistemin, Sınıf I ve Sınıf II restorasyonlardaki 4 yıllık başarı takibinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmanın 2. yılında materyalin, Sınıf I ve Sınıf II restorasyonlarda modifiye USPHS kriterlerine göre %100 başarı gözlenmiştir. Çalışmanın 4. yılında ise Sınıf I restorasyonlarda %100 başarı oranı korunurken, Sınıf II restorasyonlarda bu başarı %92.3 oranına gerilemiştir. Çalışmada diğer birçok yayının aksine Sınıf II restorasyonlarda, okluzal streslere bağlı gelişen marjinal sırt kayıplarının başarısızlık sebeplerinin çok düşük bir kısmını oluşturduğu, bu durumun doğru ve efektif matrix bandı kullanımına bağlı olabileceği belirtilmiştir (Gurgan ve ark., 2015).

Friedl ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada; EQUIA restoratif sistemin (Fuji IX, GC, Tokyo, Japonya) daimi dişlerde kullanılabilirliği retrospektif bir klinik inceleme ile değerlendirilmiştir. Başarı kriteri olarak anatomik formun korunması, yüzey dokusu, marjinal uyum, marjinal renklenme ve restorasyonun polisaj, ek yapılma ve yenilenme ihtiyaçları doğrultusunda değerlendirilmiştir. Bir yüzlü, iki yüzlü ve üç yüzlü kavite restorasyonlarının hiç birinde sekonder çürük oluşumu gözlenmezken en yüksek başarıyı bir yüzlü kavite restorasyonları göstermiştir. Çalışmanın sonucunda EQUIA sisteminin daimi dişlerin Sınıf I ve küçük Sınıf II kavitelerinin daimi restorasyonlarında kullanılabileceği ancak endikasyonlarının daha spesifikleştirilebilmesi için daha çok prospektif klinik çalışma yapılması gerektiği belirtilmiştir (Friedl ve ark., 2011).

EQUIA (GC, Tokyo, Japonya) sisteminde kullanılan koruyucu vernikleri Sınıf II restorasyonların proksimal duvarına uygulamak mümkün değildir, kontakt noktasına hiçbir zaman erişilememektedir. Bu da verniklenemeyen yüzeyleri ilk sertleşme esnasında su alımından koruyamamaktadır. Nitekim bu sistemin kullanıldığı Sınıf II restorasyonlarda vernik uygulanmış okluzal yüzeylerde aşınma ve parçalanma gözlenmezken, proksimal bölgede madde kaybı gözlenmiştir (Scholtanus ve Huysmans, 2007). Bu durum, vernik sürülememesine bağlı olarak gelişebileceği gibi cam iyonomerlerin basma dayanımlarının düşük olması sebebiyle de gerçekleşme ihtimaline sahiptir. Bu sorunun etkenini belirlemek adına, EQUIA Coat (GC, Tokyo, Japonya) verniğinin EQUIA (GC, Tokyo, Japonya) sisteminin başarısı üzerindeki etkisiyle ilgili yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır (Gurgan ve ark., 2015).

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlarda, nem kontaminasyonu açısından savunmasız oldukları sertleşme reaksiyonlarının hızlandırılmasının, materyalin mekanik ve fiziksel özelliklerini yeterince geliştiremediğini söyleyen görüşler bulunmaktadır. Bu amaçla cam iyonomer simanlara ısı uygulama fikri ortaya atılmıştır. Materyalde ısı uygulaması ile oluşan değişikliklere moleküler kinetik enerjideki artışın sebep olduğu düşünülmektedir. Bu enerji artışı daha sonra malzemedeki moleküllerin yeniden düzenlenmesine yol açarak, materyalin dış dokularına daha iyi bir adezyon göstermesini sağlamaktadır. Ayrıca ısının cam iyonomer simanın fiziksel özelliklerini artırmasının yanı sıra florür salınımını artırdığı da gösterilmiştir. Ancak ısı uygulanmasının, cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyon hızını artırmasına rağmen mekanik özelliklerini değiştirmeyeceğini öne süren çalışmalar da bulunmaktadır. (de Oliveira ve ark., 2019).

Bu bilgiler değerlendirildiğinde çalışmamız planlanırken, ilk bölümde sekonder çürük gelişimini önleyebilmek açısından kompozit rezin restorasyonlara göre bir çok üstünlüğe sahip olan cam iyonomer simanların, kompozit rezin restorasyonlar ile mikrosızıntı açısından farklarının gözlemlenmesi hedeflenmiştir. Çalışmamızda; “*konvansiyonel cam iyonomer siman*” (Kemdent, Diamond Carve 90, Purton, İngiltere) birinci materyal grubunu oluşturmaktadır. İkinci materyal grubunda ise yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların mekanik özellikler açısından geliştirilmiş formu olan “*bulk fill cam hibrit restoratif sistem*” (EQUIA Forte, GC,

Tokyo, Japonya) yüzey verniği (EQUIA Coat, GC, Tokyo, Japonya) ile birlikte kullanılmıştır. Materyal seçiminde temel amaç konvansiyonel ve yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar arasında mikrosızıntı önleme ve mekanik dayanım açısından ne oranda bir başarı elde edildiğini gözlemleyebilmektir. Aynı zamanda üçüncü materyal grubu ve kontrol grubu olan “*nanohibrit dolduruculu kompozit rezin*” (Kerr, Herculite XRV Ultra, Orange, CA, ABD) ile aralarındaki başarı farkını gözlemleyebilmektir. Kompozit rezin materyal için adeziv olarak “*self etch adeziv sistem*” (Kerr, All-in-one, Orange, ABD) kullanılmıştır. Adeziv sistem seçiminde, çocuk diş hekimliğinde kompozit rezin restorasyon uygulama basamakları açısından ortaya çıkan dezavantajları ortadan kaldırmak amacıyla üretilmiş self etch adeziv sistemlerin başarısının cam iyonomer siman materyallerle mikrosızıntı açısından karşılaştırılması hedeflenmiştir.

Çalışmada kullanılan kanvansiyonel ve yüksek viskoziteli cam iyonomer siman gruplarına “heat application” olarak adlandırılan sertleşme reaksiyonları sırasında ısı uygulama işleminin , ısı uygulaması yapılmamış formlarına karşı mikrosızıntı ve mikrosertlik açısından üstünlükleri sorgulanmıştır. Isı uygulaması ile elde etmeyi amaçladığımız cam iyonomer simanlardaki gelişmelerin, materyali kompozit rezin restorasyonlarla mikrosızıntı ve mikrosertlik açısından denk veya üstün bir noktaya getirme potansiyeli sorgulanmıştır. Isı uygulaması için GC firmasının ürettiği LED ışık kaynağı (D-light Pro, GC, Tokyo, Japonya) yüksek güç modunda (1400 mW/cm²) örneklerle 40 saniye kadar uygulanmıştır (Gavic ve ark., 2015).

Çalışmada yer alan materyal ve uygulama yöntemi değişkenlerinin mikrosızıntı açısından karşılaştırılması için yapılan kavite tipi seçiminde ise klinik olarak restoratif materyal endikasyonunu koymakta en çok zorlandığımız Sınıf II kavite tipi tercih edilmiştir. Yapılan literatür taramasında Sınıf II restorasyonlarda sekonder çürük gözlenme insidansının Sınıf I restorasyonlara göre anlamlı derecede yüksek olduğu gözlenmiştir. Mjör ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada, bir grup özel muayenehane diş hekiminden sistematik olarak kayıt altına alınan sekonder çürük oluşum verileri toplanmış ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Kullanılan restoratif materyalin ne olduğu gözetilmeksizin sekonder çürük oluşumunun en

yüksek düzeyde gözlemlendiği restorasyonların Sınıf II kaviteler olduğu belirtilmiştir (Mjör, 1998).

Yapısal farklılıkları sebebiyle restoratif materyallerle arasında oluşan mikrosızıtı farklarının değerlendirilebilmesi için hem süt hem daimi azı dişleri çalışmamıza dahil edilmiştir.

Restoratif materyallerin değerlendirilmesinde kullanılan *in vivo* testler uzun zaman alan, maliyetli ve standardizasyonu zor testlerdir. Bu nedenle araştırmacılar, etkin, çabuk sonuç veren, parametreleri değiştirilebilir ve sonuçları kıyaslanabilir *in vitro* testleri tercih etmektedirler (Ayaz ve ark., 2011). Bizim çalışmamızda da *in vitro* test yöntemleri kullanılmıştır.

In vitro çalışmalarda kullanılan çekilmiş dişlerin bekletilme koşulları oldukça önemlidir. Çalışmalarda genellikle dişlerin bekletilme ortamı olarak %10 formalin, %70 etanol, % 0,1-1 kloramin-T veya %0,05-0,1 timol solüsyonları tercih edilmektedir (Salz ve Bock, 2010). Kullanılan solüsyon içeriğinin diş üzerindeki etkileri ve uygulanacak restoratif materyalin dişe adezyonunu etkileyen faktörlerin iyi bilinmesi bu solüsyonların tercihinde oldukça önemlidir. Retief ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada, *in vitro* koşullarda dişlerin bekletildiği solüsyonun ve bekletme süresinin restoratif materyallerin dentine adezyonuna etkisi; *in vivo* koşullarda gerçekleşen restoratif materyellerin dentine adezyonuyla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada çekilen dişler %1'lik kloramin, %70'lik etanol, fizyolojik salin, %0.05'lik timol solüsyonunda 2 gün ile 6 ay arasında bekletilmiştir. Timol ve etanolde bekletilen dişlerde dentine adezyon kuvvetleri açısından önemli bir fark oluşmadığı; fakat serum fizyolojik, kloramin, ve formalinde saklanan dişlere oranla düşük bağlanma değerleri gösterdikleri bildirilmiştir (Retief ve ark., 1989).

Bulucu ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada, diş örneklerinin *in vitro* çalışmalarda hangi koşullarda ve ne kadar bekletildiklerinin önemi değerlendirilmiştir. Deneyde kullanılan çekilmiş dişler musluk suyunda 1 ay, 6 ay ve 2 yıl süreyle bekletilirken kontrol grubu olarak kuru ortamda bekletilen dişler kullanılmıştır. Testlerin sonucunda; kuru ortamda bekletilen dişlerin, musluk suyunda iki yıl, altı ay ve bir ay bekletilen dişlere göre istatistiksel açıdan önemli bir oranda, yüksek bir

değerle bağlanma gösterdiği belirtilmiştir. Musluk suyunda bekletilme süreleri açısından, istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir (Bulucu ve ark., 2000).

Çalışmamızda çekilmiş diş örnekleri %0.1'lik timol solüsyonunda 1-3 ay kadar bekletilmiştir. Deneylein herhangi bir aşamasında solüsyon dışı bekletme durumu olmamıştır. Uluslararası Standart Örgütü (ISO)'nün yaşlandırma yöntemi önerilerine uyularak; test uygulanmasına kadar geçecek sürede 24 saat 37° C suda bekletme, 6 ay 37°C suda bekletme ve 5-50°C arasında 500 devir termal döngüye sokma işlemleri arasından termal döngü yöntemi seçilmiştir (Gale ve Darvell, 1999).

Termal döngüye sokulan restore edilmiş örneklerde; sıcak suyun, ara yüz bileşenlerinin hidrolizini, su alımını, yıkım ürünlerinin ya da tam polimerize olmamış monomerlerin ortaya çıkmasını hızlandırdığı düşünülmektedir. Bağlanan yüzeylerdeki termal büzülme ve genişleme katsayısı arasındaki farklılık, tekrarlayan büzülme ve genişleme stresleri oluşturabilmektedir. Bu stresler çatlak oluşumuna neden olup bağlanma yüzeyi boyunca yayılabilmekte ve bu yayılmanın sonucunda aralık (hava boşluğu) oluşabilmektedir. Sonuç olarak büzülme ve genişleme streslerine neden olan termal döngünün, bağlanmada yıkımı hızlandırma etkisi görülebilmektedir.(Gale ve Darvell, 1999) Bu uygulama ağız ortamını bire bir taklit edememekle birlikte ağız içinde sürekli maruz kalınan nem ve ısı değişimleri açısından, ağız ortamının güzel bir laboratuvar similasyonu olmaktadır.

Termal siklus sonrasında ise dehidrate olma ihtimaline karşı örnekler 24 saat distile suda bekletilmiştir. Çalışma koşulları gereğince en pratik ve ekonomik yöntem olan boyar madde penetrasyon yöntemi ile mikrosızıntı değerlendirmesi yapılmıştır. Boyar madde penetrasyon yönteminde kullanılabilen bir çok solüsyon (%22'lik metilen mavisi, %2'lik anilin mavisi vb.) olduğu bilinmekle birlikte çalışmada %0.5'lik bazik fuksin kullanılmıştır.

Süt ve daimi dişlerin anatomik farkları sebebiyle standart örnekler elde etmek adına dişlerin okluzo servikal olarak orta üçlülerinden 2mm'lik kesitler alınmıştır. Kesitlerden X40'lık büyütme altında stereomikroskopla elde edilen görüntüler, iki gözlemci tarafından aynı skor skalasına göre skorlanmıştır.

Çalışmada, aynı restoratif materyal ve uygulama prosedürü kullanılan gruplarda, mikrosızıntı açısından, süt ve daimi dişler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Yapılan literatür taramasında süt ve daimi azı dişlere uygulanan restoratif materyallerin, iki diş grubunda mikrosızıntı açısından bir fark oluşturup oluşturmadığını değerlendiren in vitro çalışmaya rastlanmamıştır.

Çalışmada daimi azı diş gruplarımız arasında; EQUIA Forte ve EQUIA Forte LED+ gruplarının mikrosızıntı düzeyi, Kompozit, Kemdent ve Kemdent LED+ gruplarından anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur. Süt azı diş grupları arasında ise; EQUIA Forte LED+ grubunun mikrosızıntı düzeyi, Kompozit, Kemdent ve Kemdent LED+ gruplarından anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur. Süt azı diş grupları arasında EQUIA Forte grubunun mikrosızıntı düzeyi, Kemdent LED+ grubundan anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur. Süt ve daimi azı dişlere uygulanan diğer restoratif materyal grupları arasında mikrosızıntı düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Süt ve daimi diş gruplarının her ikisinde de, EQUIA Forte LED+ grubu EQUIA Forte grubuna göre daha düşük mikrosızıntı göstermesine rağmen aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Yapılan literatür taramasında EQUIA restoratif sisteminin çalışmamızda olduğu gibi; daimi ve süt dişlerdeki mikrosızıntı farkı ve kompozit rezin restorasyonlarla olan mikrosızıntı farkı açısından değerlendirildiği in vitro çalışmaya rastlanmamıştır. Aynı zamanda EQUIA restoratif sisteminin sertleşme reaksiyonu sırasında ısı uygulanmış formu ile kompozit restorasyonlar arasındaki mikrosızıntı farkının değerlendirildiği in vitro çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen verilerin yorumlanmasında yön gösterici olabilecek ve çalışmanın doğruluğunun değerlendirilmesinde yardımcı olabilecek araştırmalara aşağıda yer verilmiştir.

Gorseta ve arkadaşlarının 2012 yılında yapmış oldukları çalışmada, Sınıf V kavitelere Kuartz Tungsten Halojen ışık cihazı aracılığıyla ısı uygulanan cam iyonomer simanların klinik olarak değişimi değerlendirilmiştir. Cam iyonomer simanın sertleşme reaksiyonu sırasında ısıya tabi tutulmasının mikrosızıntıyı azalttığı, marjinal adaptasyonu arttırdığı ve mineye adezyonununu arttırdığı gözlenmiştir. Isı

uygulama prosedürünün klinik uygulama için oldukça kullanışlı olduğu belirtilmiştir (Gorseta ve ark., 2012).

Guglielmi, Mohana ve arkadaşları cam iyonomer simanların ısı işlem uygulayarak sertleştirilmesinde, ultrasonik cihaz ve halojen ışık kaynağı uygulanması ile materyalin yüzey sertlik ve klinik özelliklerinde beklenen iyileşmenin elde edilebilirliğini araştırmışlardır. 60 adet süt kanin diş üzerinde oluşturulan Sınıf V kaviterler yüksek viskoziteli cam iyonomer siman Ketac Molar Easymix (the ESPE, 3M, Seefeld, Almanya) ile restore edilmiştir. 3 farklı gruba ayrılan dişlerin bir grubuna 60 saniye halojen ışık kaynağı, bir gruba 15 saniye ultrasonik cihaz yardımıyla ısı uygulanmış, bir gruba ise kontrol grubu olarak her hangi bir ısı işlem uygulanmamıştır. Mikrosızıntı ve mikrosertlik açısından değerlendirilmesi yapılan örnekler arasında, mikrosızıntıyı önleme ve mikrosertlik artışı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ultrasonik cihazın kullanıldığı örneklerde daha fazla mikrosızıntı gözlenmiştir (Guglielmi ve ark., 2012).

Punnathara ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada; cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonu sırasında ısı uygulamasının ve uygulanan kaynağın, Sınıf V kaviterlerin mikrosızıntıya dirençleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmada sadece halojen ışık kaynağı uygulanan, sadece ultrasonik cihaz uygulanan, kombine halojen ışık kaynağı ve ultrasonik cihaz uygulanan gruplar ile kontrol grubu arasında karşılaştırma yapılmıştır. Sadece halojen ışık kaynağı uygulanan grup en düşük mikrosızıntıyı gösterirken kontrol grubu ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Sadece ultrasonik cihaz uygulanan grup kontrol grubundan yüksek mikrosızıntı göstermiştir (Punnathara ve ark., 2017).

Çalışmamızda yer alan mikrosertlik değerlendirmesi sonucunda ise EQUIA Forte LED+ grubunun mikrosertlik ortalaması, Kompozit, Kemdent, Kemdent LED+ ve EQUIA Forte gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. EQUIA Forte grubunun mikrosertlik ortalaması, Kemdent ve Kemdent LED+ gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Diğer gruplar arasında mikrosertlik açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Dionysopoulos ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada; LED ışık cihazının (430-480nm) ve mavi diode lazerin (445nm), 3 farklı konvansiyonel cam

iyonomer simanın su emilimi, çözünürlük ve mikrosertlik özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan cam iyonomer simanların (EQUIA Fil, Ketac Universal Aplicap ve Riva Self Cure) yüzey mikrosertliğinde her iki ışık kaynağında da anlamlı bir değişim gözlenmediği bildirilmiştir. Sadece mavi diode lazer uygulanan örneklerin su emiliminde ve çözünürlüklerinde azalma tespit edilmiştir (Dionysopoulos ve ark., 2018).

De Oliveira ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada ısı kaynaklarının cam iyonomer simanların dinamik olgunlaşma süreci üzerindeki etkisi araştırılmıştır. 18 adet farklı cam iyonomer siman kullanılan çalışmada örneklere ultrasonik cihaz, LED veya halojen ışık kaynağı 30 sn kadar uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda dışardan uygulanan ısı kaynaklarının cam iyonomer simanların olgunlaşma reaksiyonlarını genellikle hızlandırdıkları ancak her zaman etkili olmadıkları belirtilmiştir (de Oliveira ve ark., 2019).

Malul ve Zilberman'ın yapmış oldukları çalışmada; ısı uygulanmasının cam iyonomer simanların mikrosertlikleri üzerindeki etkisi in vitro olarak değerlendirilmiştir. Aynı zamanda restorasyonlara uygulanan ısının pulpa üzerindeki etkisi in vivo olarak değerlendirilmiştir. Cam iyonomer siman olarak EQUIA sistemi (GC, Tokyo, Japonya) kullanılmıştır. Led ışık kaynağı ve özel bir ısıtma cihazı ısı kaynağı olarak kullanılmıştır. Cihazların 50°C ve 60°C sıcaklık oluşturdukları, 30 ve 60 sn uygulamanın yapıldığı 6 farklı örnek grubu, ısı uygulanmayan bir kontrol grubuyla karşılaştırılmıştır. Mikrosertlik ölçümleri 30 dakika, 1 saat ve 5 gün sonra tekrarlanmıştır. Maksimum mikrosertlik değerleri 50°C' nin 30 ve 60 saniye boyunca özel ısıtma cihazı tarafından uygulandığı örneklerden elde edilmiştir. Bu örneklerden 1 saat sonra alınan mikrosertlik değerlerinin ısı işlem uygulanmamış kontrol grubundan istatistiksel olarak belirgin bir fark oluşturduğu belirtilmiştir. 5 gün sonra yapılan ölçümlerde gruplar arasında mikrosertlik açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Çalışmanın in vivo kısmında ise uygulanan 60 °C sıcaklığın pulpada 5.5 °C' lik bir artışa neden olarak geri dönüşümsüz pulpa hasarı oluşturmaya neden olabileceği belirtilmiştir. Çalışmanın sonucunda cam iyonomer simanlara uygulanan ısının, 50°C civarında 30-60 saniye sürdüğü takdirde pulpal hasara sebebiyet vermeyeceğinin ve cam iyonomer simanların mikrosertlik değerlerinde erken dönemde fark oluşturabildiğinin altı çizilmiştir (Malul ve Zilberman, 2016).

Dionysopoulos ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada, 3 farklı yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın [(EQUIA Fil,GC, Tokyo, Japonya) , (FX-II,Shofu, Kyoto, Japonya), (AHfil, Advanced Health Ltd, Tonbridge, İngiltere)] ısı uygulamasıyla mekanik özelliklerinin değişimi değerlendirilmiştir. Isı kaynağı olarak LED ışık cihazı ve ultrasonik cihaz kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda materyallerin ısı kaynaklarının uygulanmasıyla yüzey sertliklerinin arttığı, LED ışık kaynağı ve ultrasonik cihaz aracılığıyla ısı uygulamasının cam iyonomer simanların mekanik direncinin daha hızlı oluşmasını sağladığı, bununla birlikte çalışma süresini kısalttığı belirtilmiştir (Dionysopoulos ve ark., 2017).

Kleverlaan ve arkadaşlarının 2004 yılında yapmış oldukları çalışmada; harici ısı kaynaklarının, konvansiyonel cam iyonomer simanların mekanik özellikleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Cam iyonomer siman örnekleri 5 dakika boyunca 70°C de harici bir ısı kaynağıyla ısıtılmıştır. Numunelerin sıcaklığının artırılmasıyla basma dayanım artışları arasında açık bir ilişki olduğu gözlemlenmiş, ısıyla aktive edilmenin cam iyonomer simanların klinik ömrü üzerinde olumlu etki oluşturabileceği söylenmiştir (Kleverlaan ve ark., 2004).

Gorseta ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada; yüksek viskoziteli bir cam iyonomer siman olan EQUIA Fil' (GC, Tokyo, Japonya) in üzerine koruyucu vernik uygulanmasının ve ısı uygulanarak sertleştirilmesinin kırılma dayanımına etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda en yüksek kırılma dayanımını belirgin bir farkla koruyucu vernik (G- Coat, GC, Tokyo, Japonya) ve ısı uygulaması yapılmış örnekler göstermiştir. Diğer gruplar arasında ise koruyucu vernik uygulanmamış ve ısı uygulaması yapılmış örnekler, ısı uygulaması yapılmamış örneklere göre belirgin bir farkla kırılma dayanımı göstermiştir (Gorseta ve ark., 2014).

Fabian Molina ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada; cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonları sırasında ısı uygulamasının biaksiyal kırılma dayanımları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda bütün cam iyonomer simanlarda 1400 mW/cm²'lik güce sahip olan LED ışık kaynağının (GCP Carbo LED, GCP dental, Vianen, Holanda) 30 saniye ısı kaynağı olarak uygulanması ile biaksiyal kırılma dayanımlarında anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Gruplar arasında en yüksek kırılma dayanımını EQUIA restoratif sistem (GC, Tokyo, Japonya)

ve Chem Fil Rock (De Trey, the ESPE, Seefeld, Almanya) göstermiştir (Fabián Molina ve ark., 2013).

Menne-Happ ve Illie yaptıkları çalışmada; cam iyonomer simanlara ısı uygulamasının, materyalin uzun dönem mekanik davranışları üzerindeki etkisini araştırmıştır. 20 ve 60 sn LED ışık cihazı ile ısı uygulaması yapılan gruplar ile ısı uygulanmayan kontrol grubu arasında 1 hafta, 1 ay ve 3 ay sonra yapılan testlerde, ısı uygulamasının eğilme dayanımı üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı bildirilirken, mikrosertlik üzerinde de minimal bir etkisi olduğu ancak istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadığı belirtilmiştir (Menne-Happ ve Ilie, 2014).

Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı' nda yapılan bir tez çalışmasında; ısı uygulamasının konvansiyonel cam iyonomer simanların mekanik özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Örnekler üzerinde eğilme dayanım, basma dayanım ve mikrosertlik testleri yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda cam iyonomer simanlara ısı uygulanması işlemi ile örneklerin basma dayanıklılıkları üzerinde anlamlı bir fark oluşturulamazken, eğilme dayanıklılığı ve mikrosertliklerinde anlamlı bir fark oluşturdukları belirtilmiştir (Kuter, 2006).

EQUIA restoratif sistemi ve cam iyonomer simanlara sertleşme reaksiyonları sırasında ısı uygulama işlemiyle ilgili literatür taraması sonucu bulunan çalışma sonuçları çalışmamızın sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Konvansiyonel cam iyonomer simanlara ısı uygulamasının materyalin mekanik ve klinik özelliklerinde beklenen artışı göstermediği görülmektedir. Isı uygulaması işleminin yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların mekanik özelliklerinde kazanım sağlama potansiyeli daha belirgin bir hale gelmektedir.

Yüksek viskoziteli bir cam iyonomer simanın mekanik özelliklerinin geliştirilmesiyle elde edilen EQUIA restoratif sisteminin ısı uygulaması yapılmaksızın uygulandığı restorasyonların klinik takipleri, materyalin süt ve daimi dişlerin Sınıf I kavitelere USPHS ve modifiye USPHS kriterlerine göre oldukça başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Materyalin Sınıf II kavitelere kullanımında gösterdiği başarı ise anlamlı düzeyde yüksektir. Ancak kompozit rezin restorasyonların alternatifi olarak sunulmasını engelleyen bir takım mekanik yetersizlikleri hala bulunmaktadır. Bu amaçla önerilen ısı uygulaması işleminin EQUIA restoratif sistemi üzerindeki

etkilerinin değerlendirildiği bir çok in vitro çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde elde edilen ortak sonuç, ısı uygulamasının yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların mikrosertliklerinde artış sağladığı şeklindedir ve bizim çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlarla uyumludur. Ancak ısı uygulaması ile elde edilen mikrosertlik artışı, materyalin sahip olduğu mikrosertlik değerlerinin üzerinde bir değer gibi görünmemektedir. Mikrosertlik değerlerinde elde edilen artış; materyalin ısı uygulanmadan uygulandığı koşullarda maturasyonunu tamamladıktan sonra sergileyeceği mikrosertlik değerlerini, ısı uygulamasıyla çok daha erken elde edebilmenin bir sonucu olarak görülmektedir. Bu sebeple ısı uygulaması yapılan yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların erken dönem mikrosertliklerinde artış elde edildiği, uzun vadede yapılan karşılatırmalarda bu kazanımın azaldığı gözlenmektedir.

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlara ısı uygulaması işleminin materyalin mikrosızıntı direnci üzerindeki etkisini araştıran çok sayıda çalışma bulunmamaktadır. Çalışmaların değerlendirilmesiyle elde ettiğimiz sonuç ısı uygulamasının yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar üzerinde mikrosızıntı açısından olumlu etkileri olduğu şeklindedir ve çalışmamızla uyum göstermektedir. Isı uygulaması ile mikrosızıntı açısından elde edilen bu kazanımları tek bir savla açıklamak mümkün değildir.

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlara ısı uygulaması, materyalin içerisinde gerçekleşen asit baz reaksiyonlarını hızlandırdığı kadar, bu reaksiyonla bağlantılı olan materyalin dişle iyon alış verişini ve fluor salınımını da artırmaktadır. Bu durum materyalin diş dokularıyla daha hızlı kimyasal bağ oluşturmasını sağlamaktadır. Ancak yapılan literatür taramasında daha hızlı oluşturulan bu bağlantının, materyalin diş dokularına adezyonunda kantitatif bir artışın sağlanıp sağlanamayacağını araştıran az sayıda in vitro çalışmaya ulaşılabilmektedir.

Algera ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada; ortodontik braket yapıştırması sırasında kullandıkları yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlara ısı uygulayarak materyalin mine adezyonunda gelişme elde etmeyi hedeflemişlerdir. Çalışmanın sonucunda ısı uygulamasının yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların mineye adezyonunu artırdığı bildirilmiştir (Algera ve ark., 2005). Bu çalışma doğrultusunda yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların ısı uygulaması ile mine seviyesinde daha

güçlü bir adezyon sağlayacağı yorumu yapılabilmektedir. Daha güçlü bir adezyon elde edilmesiyle daha düzgün bir marjinal adaptasyon elde edildiği ve buna bağlı olarak mikrosızıntı değerlerinde düşme gözlemlendiği düşünülmektedir. Ancak bu önermelerin daha kesin hale gelebilmesi için, ısı uygulaması ile yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların diş dokularına bağlanma değerlerinin in vitro koşullarda değerlendirildiği daha fazla çalışmaya gerek duyulmaktadır.

Isı uygulamasının materyalin mekanik özellikleri üzerindeki olumlu etkileri mikrosertlikle sınırlı kalmamaktadır. Sertleşme reaksiyonları sırasında erken dönem nem hassasiyeti bulunan cam iyonomer simanların, ısı uygulaması sonucu bu sürecinin kısaltılması ile materyale su alımının ve materyal çözünürlüğünün azalması üzerinde de etkili olma ihtimali söz konusudur. Bu çıkarım doğrultusunda yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlarda ısı uygulaması ile mikrosızıntı değerlerinde elde edilen olumlu sonuçların; materyalin hızlı sertleşmesi sonucu erken dönem nem hassasiyetine bağlı oluşan materyal deformasyonlarının önüne geçilmesiyle elde edildiği yorumu da yapılabilmektedir. Ancak bu önermelerin daha kesin hale gelebilmesi için ısı uygulamasının mikrosızıntı üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği daha çok çalışmaya gerek duyulmaktadır.

Isı uygulamasının etkilerinin değerlendirildiği çalışmalarda ısı kaynağı olarak kullanılan ultrasonik cihazların mikrosızıntı üzerinde olumsuz etki gösterdiği gözlemlenirken, materyale homojen ısı veren cihazların daha başarılı sonuçlar elde ettiği gözlemlenmiştir.

Cam iyonomer simanlara ısı uygulanmasıyla elde edilen olumlu sonuçlar, restoratif materyal üzerindeki sıcaklık artışının pulpaya zarar verme ihtimali üzerinde çalışılmasını gerektirmiştir. Gavic ve arkadaşları, modern restoratif cam iyonomerlerin (EQUIA Fil, Ketac Molar, İonofil Molar) ısı transferi özelliklerini test etmiştir. Klinik için tasarlanmış 3 farklı LED ışık kaynağı ısı kaynağı olarak kullanılan çalışmada; sıcaklık değişiklikleri 20, 40, 60 saniyelik sertleşme sürelerinin ardından 3 farklı derinlikte (2, 3, 4 mm) ölçülmüştür. Çalışmada, cam iyonomer simanların ısı iletkenliğinin düşük olması sebebiyle 4mm derinlikte sıcaklık artışlarının 2mm'den çok daha düşük olduğu ve 4mm derinlikteki sıcaklığın materyal yüzeyinde 60°C ısıya ulaşıldığında bile pulpaya zarar verecek bir değere yükselmediği belirtilmiştir (Gavic ve ark., 2015). Ayrıca çalışmada uygulanan LED ışık kaynaklarının oluşturduğu

sıcaklığın verdiği ışık gücüyle doğru orantı göstermediği yapılan ölçümler ile gösterilmiştir. Bu durum ışık kaynaklarının etkinlikleri ile değişkenlik gösteren soğutma sistemlerine sahip olmaları ve ısı emisyonunu değil ışık çıkışını optimize etmek için tasarlanmış olmaları ile açıklanmıştır. Çalışma sonuçları; LED ışık kaynaklarının cam iyonomer simanların sıcaklığını arttırdığını, ancak simanların bu ısıyı içlerine aktarma kapasitelerinin sınırlı olduğunu göstermektedir.

Isı uygulamasının cam iyonomer simanlar üzerindeki etkilerinin değerlendirileceği in vivo çalışmalarda; reaksiyon için gereken mineral miktarının, cam iyonomerin dentinle temasını takiben dentinden çözünen iyonların artış göstermesi ile materyal içerisindeki karboksil gruplarının çok daha hızlı reaksiyona gireceği, materyalin dentin ile temas haline geçtikten sonra daha hızlı sertleşme eğilimi göstereceği bilgisi unutulmamalıdır. Bu yüzden ısı kaynağı olarak uygulanabilecek ultrasonik aktivasyon, LED veya halojen ışık kaynaklarının uygulama süreleri, bu bilgi dikkate alınarak belirlenmelidir (de Oliveira ve ark., 2019).

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlarda ısı uygulaması ile elde edilen kazanımların klinik gözlemlerle desteklenmesi gerekmektedir. Laboratuvar koşullarında ağız koşullarını birebir taklit etmemiz mümkün olmamaktadır. Yapılan laboratuvar çalışmaları bize klinik uygulama açısından fikir oluşturmakta ve yön vermektedir. Bu nedenle aşağıda yer verilen; ısı uygulanmış yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların süt ve daimi dişlerde klinik başarısının değerlendirildiği in vivo çalışmalar, elde ettiğimiz verileri değerlendirmemiz açısından önemlidir.

Kupietzky ve arkadaşlarının 2019 yılında yapmış oldukları çalışmada süt dişlerinde mine dentin sınırını aşmış veya daha derin olan Sınıf II kaviteler; ısı uygulanmış yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve kompozit rezin materyal ile restore edilmiş, klinik başarıları değerlendirilmiştir. Üç yılın sonunda, kompozit rezin restorasyonlar %95 ağızda kalma başarısı gösterirken, ısı uygulanmış yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar %83 oranında başarı göstermişlerdir. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların %36.2' sinde proksimal bölge defekti gözlenirken kompozit restorasyonlarda bu başarısızlık gözlenmemiştir. Bu nedenle ısı uygulanmış yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların orta-uzun dönem restoratif materyal olarak değerlendirilmesi, daimi restorasyon olarak kullanılmaması önerilmiştir (Kupietzky ve ark., 2019)

Tal ve arkadaşlarının 2017 yılında yapmış oldukları ön çalışmada; süt azı dişlerinde tespit edilen Sınıf II çürük kaviteleri yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (EQUIA, GC, Tokyo, Japonya) ile restore edildikten sonra restorasyonlara 1500 mw/cm² gücüne sahip GCP Carbo LED ışık cihazı (GCP Dental, Hollanda) uygulanmıştır. Çalışmada bu restorasyonların, fotoğraf ve radyograf üzerinden 2 yıllık takibi ve başarı değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışma sonucunda %3.2 oranında restorasyon kaybına karşılık, hiç sekonder çürük oluşumu tespit edilememiştir. Restorasyonların %96,8'i adezyonu bozulmadan ağız içerisinde hizmet verirken, %91'inin marjinal sırt ve kontakt noktası alanında bütünlüğünü koruduğu bildirilmiştir. Çalışmada ağız içerisinde görevini tamamlayıp 1-2 yıl içerisinde düşmesi beklenen süt azı dişlerinin daimi restorasyonları için ısı işlem uygulanmış yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların uygun olabileceği söylenmiştir (Tal ve ark., 2017).

EQUIA restoratif sistemin süt ve daimi dişlerde Sınıf I restorasyonlarda gösterdiği başarının Sınıf II restorasyonlarda da sağlanabilmesi için materyale ısı uygulanması, materyalin mikrosızıntı direncinde ve yüzey mikrosertliğinde olumlu sonuçlar vermiştir. Ancak konuyla ilgili daha çok laboratuvar çalışması ve klinik çalışma yapılması gerekmektedir.

8. SONUÇLAR

Konvansiyonel cam iyonomer siman (Diamond Carve 90, Kemdent, Purton, İngiltere) ve yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın (EQUIA, GC, Tokyo, Japonya) ısı uygulanmış ve uygulanmamış formlarının kompozit rezin restorasyonla (Herculite XRV, Kerr, Orange, ABD) daimi süt dişlerdeki mikrosızıntı direnci ve mikrosertlik farklarının karşılaştırıldığı çalışmamızın sonuçları aşağıdaki şekilde sıralanmıştır:

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın ısı uygulanmış ve uygulanmamış grupları, diğer gruplara göre süt ve daimi dişlerde Sınıf II kavitelere daha düşük mikrosızıntı göstermiştir. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın ısı uygulanmış ve uygulanmamış grupları arasında mikrosızıntı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı bulunmuştur.

Yüksek viskoziteli cam iyonomer siman grubu ısı uygulaması sonrasında, diğer gruplardan yüksek mikrosertlik değerleri göstermiştir. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların ısı uygulanmış ve uygulanmamış grupları arasında mikrosertlik açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur.

Laboratuvar koşullarında ısı uygulaması ile yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların mekanik özelliklerinin artırılabilmesi sonucuna varılmıştır. Ancak laboratuvar koşullarında mikrosızıntı ve mikrosertlik açısından kompozit rezinlere göre üstün değerler elde edilen ısı uygulanmış EQUIA restoratif sisteminin , yapılan literatür taraması sonucunda uzun takipli klinik çalışmalarda Sınıf II kavitelere kompozit rezinlere göre daha düşük başarı değerleri gösterdiği gözlenmiştir.

Isı uygulaması yapılmış EQUIA restoratif sisteminin fizyolojik ömrünü tamamlayıp düşmesine 1-2 yıl olan süt dişlerinde Sınıf II kavite daimi restorasyonu olarak kullanımı uygun görülmektedir. Daimi dişlerde ise ısı uygulaması yapılmış EQUIA restoratif sisteminin Sınıf II kavite orta-uzun dönem restorasyonunda kullanımı uygun görülmektedir.

Daha kesin verilere ulaşılabilmesi için ısı uygulaması ile yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların yapısında ve restorasyonlarında oluşan değişimlerin değerlendirildiği in vivo ve in vitro çalışmaların yapılması gerekmektedir.

9. KAYNAKLAR

Akyüz S, Yarat A, Egil E. Bisfenol-A içerikli dental materyallere güncel yaklaşım. *Clinical and Experimental Health Sciences*. 2011;1(3):190-95.

Algera T, Kleverlaan C, De Gee A, Prahl-Andersen B, Feilzer A. The influence of accelerating the setting rate by ultrasound or heat on the bond strength of glass ionomers used as orthodontic bracket cements. *The European Journal of Orthodontics*. 2005;27(5):472-76.

Almuhaiza M. Glass-ionomer cements in restorative dentistry: a critical appraisal. *J Contemp Dent Pract*. 2016;17(4):331-36.

Altun C. Microleakage in Restorative Dentistry. *Gülhane Medical Journal*. 2004;46(3).

Ayaz F, Tağtekin D, Yanıkoğlu F. Dentine bağlanma ve değerlendirme metodları. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2011;2011(4):49-56.

Ayyıldız S, Uyar HA, Yüzügüllü B. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2009;19(3):219-26.

Beazoglou T, Eklund S, Heffley D, et al. Economic impact of regulating the use of amalgam restorations. *Public Health Reports*. 2007;122(5):657-63.

Berg JH, Croll TP. Glass ionomer restorative cement systems: an update. *Pediatric dentistry*. 2015;37(2):116-24.

Brown W, Jacobs H, Thompson R. Thermal fatigue in teeth. *Journal of dental research*. 1972;51(2):461-67.

Bulucu B, Ertaş E, Mete Ö. In-vitro deneylerde kullanılan dişlerin çekim sonrası bekletilme süresinin değerlendirilmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2000;2(3).

Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. Journal of dental research. 1955;34(6):849-53.

Chisini LA, Collares K, Cademartori MG. Restorations in primary teeth: a systematic review on survival and reasons for failures. International journal of paediatric dentistry. 2018;28(2):123-39.

Cohen C. New Glass Ionomer System and Application in Children. Oral Health Journal. 2011.

Committee AAoPDCA. American Academy on Pediatric Dentistry Council on Clinical Affairs: Guideline on pulp therapy for primary and young permanent teeth. Pediatric Dentistry. 2009;30(7):170-74.

Croll TP, Bar-zion Y, Segura A, Donly KJ. Clinical performance of resin-modified glass ionomer cement restorations in primary teeth: a retrospective evaluation. The Journal of the American Dental Association. 2001;132(8):1110-16.

Davidson C. Glass ionomer cement, an intelligent material. Bulletin du Groupement international pour la recherche scientifique en stomatologie & odontologie. 1998;40(1):38-42.

Davidson CL, Mjör IA. Advances in glass-ionomer cements: Berlin, Chicago Quintessence Publishing Co, Inc 08671536019780867153606; 1999.

Dayangaç B. Kompozit rezin restorasyonlar: Güneş Kitabevi; 2000.

de Oliveira BM, Agostini IE, Baesso ML. Influence of external energy sources on the dynamic setting process of glass-ionomer cements. *Dental Materials*. 2019;35(3):450-56.

Dionysopoulos D, Tolidis K, Gerasimou P, Sfeikos T. Effect of Three Clinical Curing Treatments on Fluoride Release and Surface Hardness of Glass-Ionomer Cements. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*. 2017;37(4).

Dionysopoulos D, Tolidis K, Strakas D. Effect of radiant heat on conventional glass ionomer cements during setting by using a blue light diode laser system (445 nm). *Lasers in medical science*. 2017;32(3):703-09.

Dionysopoulos D, Tolidis K, Strakas D. Effects of blue diode laser (445 nm) and LED (430–480 nm) radiant heat treatments on dental glass ionomer restoratives. *Optics & Laser Technology*. 2018;99:249-55.

Ekstrand K, Luna L, Promisiero L. The reliability and accuracy of two methods for proximal caries detection and depth on directly visible proximal surfaces: an in vitro study. *Caries research*. 2011;45(2):93-99.

Erdemir U, Yaman B. Diş Hekimliğinde Mikrosızıntı ve Mikrosızıntı Araştırma Yöntemleri. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*. 2011;45(1):25-35.

Erdemir U, Yaman BC. Microleakage in Dentistry and Microleakage Evaluation Techniques. *Istanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2011;45(1):25.

Erhardt MCG, Toledano M, Osorio R, Pimenta LA. Histomorphologic characterization and bond strength evaluation of caries-affected dentin/resin interfaces: effects of long-term water exposure. *Dental Materials*. 2008;24(6):786-98.

Fabián Molina G, Cabral RJ, Mazzola I, Brain Lascano L, Frencken JE. Biaxial flexural strength of high-viscosity glass-ionomer cements heat-cured with an LED lamp during setting. *BioMed research international*. 2013;2013.

Frencken J. Atraumatic restorative treatment and minimal intervention dentistry. *British dental journal*. 2017;223(3):183.

Friedl K, Hiller K-A, Friedl K-H. Clinical performance of a new glass ionomer based restoration system: a retrospective cohort study. *Dental Materials*. 2011;27(10):1031-37.

Gale M, Darvell B. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of dentistry*. 1999;27(2):89-99.

García AH, Lozano MAM, Vila JC, Escribano AB, Galve PF. Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2006;11(2):E215-20.

Gavic L, Gorseta K, Glavina D, Czarnecka B, Nicholson JW. Heat transfer properties and thermal cure of glass-ionomer dental cements. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 2015;26(10):249.

Gorseta K, Glavina D, Skrinjaric I. Influence of ultrasonic excitation and heat application on the microleakage of glass ionomer cements. *Australian dental journal*. 2012;57(4):453-57.

Goršeta K, Škrinjarić T, Gavic L, Glavina D. Influence of thermo-curing on the flexural strength of GIC. Paper presented at: The Academy of Dental Materials 2014 Annual Meeting, 2014.

Greenwell AL JD, DiSantis TA, Gerstenmaier J, Limbert N. A longitudinal evaluation of caries patterns from the primary to the mixed dentition. Case Western Reserve University; 1988.

Guglielmi CAB, Mohana A, Hesse D. Influence of ultrasound or halogen light on microleakage and hardness of enamel adjacent to glass ionomer cement. *International journal of Paediatric dentistry*. 2012;22(2):110-15.

Gurgan S, Kutuk Z, Ergin E, Oztas S, Cakir F. Four-year randomized clinical trial to evaluate the clinical performance of a glass ionomer restorative system. *Operative dentistry*. 2015;40(2):134-43.

Hatrack CD, Eakle WS. *Dental materials: Clinical applications for dental assistants and dental hygienists*. Elsevier Health Sciences; 2015.

Heintze SD. Systematic reviews: I. The correlation between laboratory tests on marginal quality and bond strength. II. The correlation between marginal quality and clinical outcome. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2007;9(1).

Hewlett E, Mount G. Glass ionomers in contemporary restorative dentistry-a clinical update. *Journal of the California Dental Association*. 2003;31(6):483-92.

Hilton TJ, Ferracane JL. Cavity preparation factors and microleakage of Class II composite restorations filled at intraoral temperatures. *American journal of dentistry*. 1999;12(3):123-30.

Jandt K, Mills R, Blackwell G, Ashworth S. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). *Dental Materials*. 2000;16(1):41-47.

Kanca III J. Resin bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin. *Quintessence International*. 1992;23(1).

Kaplan I, Mincer HH, Harris EF, Cloyd JS. Microleakage of composite resin and glass ionomer cement restorations in retentive and nonretentive cervical cavity preparations. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1992;68(4):616-23.

Khoroushi M, Keshani F. A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. *Dental research journal*. 2013;10(4):411.

Kim JY, Takashi Y, Kito M, Morimoto Y, Hasagawa J. Semi-quantitative analysis of early microleakage around amalgam restorations by fluorescent spectrum method: a laboratory study. *Dental Materials Journal*. 1992;11(1):45-58,113.

Kleverlaan CJ, van Duinen RN, Feilzer AJ. Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. *Dental Materials*. 2004;20(1):45-50.

Kraemer N, Frankenberger R. Compomers in restorative therapy of children: a literature review. *International journal of paediatric dentistry*. 2007;17(1):2-9.

Kupietzky A, Joachim DA, Tal E, Moskovitz M. Long-term clinical performance of heat-cured high-viscosity glass ionomer class II restorations versus resin-based composites in primary molars: a randomized comparison trial. *European Archives of Paediatric Dentistry*. 2019:1-6.

Kuter B. Isı Uygulamasının Konvansiyonel Cam İyonomer Simanların Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi, Ege Üniversitesi, Doktora Tezi, 2006, , İzmir (Danışman: Prof. Dr. Ece Eden).

Küçükeşmen Ç. Farklı ışık kaynakları ve yeni polimerizasyon teknikleri Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2006;Cilt: 9 , Sayı: 2.

Lazaridou D, Belli R, Krämer N, Petschelt A, Lohbauer U. Dental materials for primary dentition: are they suitable for occlusal restorations? A two-body wear study. *European Archives of Paediatric Dentistry*. 2015;16(2):165-72.

Lloyd B, McGinley M, Brown W. Thermal stress in teeth. *Journal of dental research*. 1978;57(4):571-82.

Lu H, Koh H, Alcaraz MGR, Schmidlin PR, Davis D. Direct composite resin fillings versus amalgam fillings for permanent or adult posterior teeth. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2006(1).

Mair L, Stolarski T, Vowles R, Lloyd C. Wear: mechanisms, manifestations and measurement. Report of a workshop. *Journal of Dentistry*. 1996;24(1-2):141-48.

Malul M, Zilberman U. The effect of heat application on microhardness of glass ionomer cement and on pulp temperature, what to use in clinic. *Oral Health Case Reports*. 2016;1:105.

Manso AP, Marquezini Jr L, Silva SM, et al. Stability of wet versus dry bonding with different solvent-based adhesives. *dental materials*. 2008;24(4):476-82.

McDonald RE AD. *Dentistry for the Child and Adolescent*; 2000.

McLean J, Wilson A. The clinical development of the glass-ionomer cements. I. Formulations and properties. *Australian Dental Journal*. 1977;22(1):31-36.

Menne-Happ U, Ilie N. Effect of heat application on the mechanical behaviour of glass ionomer cements. *Clinical oral investigations*. 2014;18(2):643-50.

Mickenautsch S, Mount G, Yengopal V. Therapeutic effect of glass-ionomers: an overview of evidence. *Australian dental journal*. 2011;56(1):10-15.

Mjör I. The location of clinically diagnosed secondary caries. *Quintessence International*. 1998;29(5).

Mjör IA, Dahl JE, Moorhead JE. Placement and replacement of restorations in primary teeth. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2002;60(1):25-28.

Mount G. Adhesion of glass-ionomer cement in the clinical environment. *Operative dentistry*. 1991;16(4):141-48.

Mount G. *An atlas of glass-ionomer cements*. London; 2003.

Müller H, Olsson S, Söderholm KJ. The effect of comonomer composition, silane heating, and filler type on aqueous TEGDMA leachability in model resin composites. *European journal of oral sciences*. 1997;105(4):362-65.

Nagaraja U, Kishore G. Glass ionomer cement: The different generations. *Trends Biomater Artif Organs*. 2005;18(2):158-65.

Ngo HC, Mount G, Mc Intyre J, Tuisuva J, Von Doussa R. Chemical exchange between glass-ionomer restorations and residual carious dentine in permanent molars: an in vivo study. *Journal of dentistry*. 2006;34(8):608-13.

Nicholson J. Glass-ionomers in medicine and dentistry. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*. 1998;212(2):121-26.

Novaes T, Matos R, Braga M, et al. Performance of a pen-type laser fluorescence device and conventional methods in detecting approximal caries lesions in primary teeth—in vivo study. *Caries research*. 2009;43(1):36-42.

O'Brien WJ. *Dental materials and their selection*; 2002.

Ömürlü H, Arısu HD, Eligüzeloğlu E, Üçtaşlı MB, Bala O. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalına başvuran hastaların

direkt restorasyonlarının klinik başarısının değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2011;28(1):23-28.

Pashley DH. Clinical considerations of microleakage. Journal of endodontics. 1990;16(2):70-77.

Peres M, Sheiham A, Liu P. Sugar consumption and changes in dental caries from childhood to adolescence. Journal of dental research. 2016;95(4):388-94.

Pitel ML. Reconsidering Glass-Ionomer. Compendium. 2014.

Powers JM, Wataha JC. Dental Materials-E-Book: Properties and Manipulation: Elsevier Health Sciences; 2014.

Proença JP, Polido M, Osorio E. Dentin regional bond strength of self-etch and total-etch adhesive systems. dental materials. 2007;23(12):1542-48.

Punnathara S, Krishnakumar R, Govindarajan M. A Comparative Evaluation of the Influence of Command Set Methods on Microleakage of Glass Ionomer Cement: An In Vitro Study. Journal of clinical and diagnostic research: JCDR. 2017;11(6):ZC12.

Purton D, Rodda J. Artificial caries around restorations in roots. Journal of dental research. 1988;67(5):817-21.

Retief D. Do adhesives prevent microleakage? International Dental Journal. 1994;44(1):19-26.

Retief D, Wendt S, Bradley E, Denys F. The effect of storage media and duration of storage of extracted teeth on the shear bond strength of Scotchbond 2/Silux to dentin. American journal of dentistry. 1989;2(5):269-73.

Roberson T, Heymann O, Swift E. Art and Science of Operative Dentistry; 2006.

Salz U, Bock T. Testing adhesion of direct restoratives to dental hard tissue-a review. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2010;12(5).

Schmalz G, Ryge G. Reprint of Criteria for the clinical evaluation of dental restorative materials. *Clinical Oral Investigations*. 2005;9(4):215-32.

Scholtanus JD, Huysmans M-CD. Clinical failure of class-II restorations of a highly viscous glass-ionomer material over a 6-year period: a retrospective study. *Journal of Dentistry*. 2007;35(2):156-62.

Sidhu S, Nicholson J. A review of glass-ionomer cements for clinical dentistry. *Journal of functional biomaterials*. 2016;7(3):16.

Sidhu SK, Watson TF. Resin-modified glass ionomer materials. A status report for the *American Journal of Dentistry*. *American journal of dentistry*. 1995;8(1):59-67.

Skrinjaric K, Vranic DN, Glavina D, Skrinjaric I. Heat-treated glass ionomer cement fissure sealants: retention after 1 year follow-up. *International journal of paediatric dentistry*. 2008;18(5):368-73.

Smith DC. Development of glass-ionomer cement systems. *Biomaterials*. 1998;19(6):467-78.

Tal E, Kupietzky A, Fuks AB, Tickotsky N, Moskovitz M. Clinical performance of heat-cured high-viscosity glass ionomer class ii restorations in primary molars: a preliminary study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2017;41(4):264-70.

Tay F, Pashley D. Have dentin adhesives become too hydrophilic? *Journal-Canadian Dental Association*. 2003;69(11):726-32.

Taylor M, Lynch E. Microleakage. *Journal of dentistry*. 1992;20(1):3-10.

Toledano M, Osorio E, Osorio R, García-Godoy F. Microleakage of Class V resin-modified glass ionomer and compomer restorations. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1999;81(5):610-15.

Tran L, Messer LB. Clinicians choices of restorative materials for children. *Australian Dental Journal*. 2003;48(4):221-32.

Türel V. Restoratif Dental Materyallerin Yüzey Mekanik Özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2015;25.

Tyas MJ. Clinical evaluation of a polyacid-modified resin composite (compomer). *Operative dentistry*. 1998;23:77-80.

Van BM, Lambrechts P, Inokoshi S, Braem M, Vanherle G. Factors affecting adhesion to mineralized tissues. *Operative dentistry*. 1992:111-24.

Van Meerbeek B, Dhem A, Goret-Nicaise M, et al. Comparative SEM and TEM examination of the ultrastructure of the resin-dentin interdiffusion zone. *Journal of Dental Research*. 1993;72(2):495-501.

Wilson A. Dental silicate cements. Paper presented at: *Dental Materials Research: Proceedings of the 50th Anniversary Symposium*, 1972.

Wilson AD. Resin-modified glass-ionomer cements. *International Journal of Prosthodontics*. 1990;3(5).

Wilson AD. Glass-ionomer cement origins, development and future. *Clinical materials*. 1991;7(4):275-82.

Wong YJ. Low-quality evidence suggests that amalgam has increased longevity compared with resin-based composite in posterior restorations. *The Journal of the American Dental Association*. 2016;147(11):905-06.

Yan Z, Sidhu SK, Carrick TE, McCabe JF. Response to thermal stimuli of glass ionomer cements. *dental materials*. 2007;23(5):597-600.

Yan Z, Sidhu SK, McCabe JF. The influence of microstructure on thermal response of glass ionomers. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 2007;18(6):1163-66.

Zach L, Cohen G. Pulp response to externally applied heat. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*. 1965;19(4):515-30.

Zimmerli B, Strub M, Jeger F, Stadler O, Lussi A. Composite materials: composition, properties and clinical applications. A literature review. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin= Revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie= Rivista mensile svizzera di odontologia e stomatologia*. 2010;120(11):972-86.

10.EKLER



T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Etik Kurulu

PROJENİN ADI : Kompozit Rezın, Cam İyonomer Ve Isı İle İşleme Tabi Tutulmuş Cam İyonomer Dolgu Materyallerinin Mikrosızıntı Ve Mikrosertlik Açısından İnvitro Değerlendirilmesi


PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ: Doç.Dr.Sertaç PEKER

PROJEDEKİ ARAŞTIRICILAR : Dt.Buse Tansu GÜNDOĞAN

ONAY TARİHİ VE ONAY SAYISI: 02.04.2018-120

Sayın; Doç.Dr.Sertaç PEKER

120 protokol nolu "Kompozit Rezın, Cam İyonomer Ve Isı İle İşleme Tabi Tutulmuş Cam İyonomer Dolgu Materyallerinin Mikrosızıntı Ve Mikrosertlik Açısından İnvitro Değerlendirilmesi" isimli projeniz Enstitümüz Etik Kurulu tarafından incelenmiş ve etik yönden uygunluğuna karar verilmiştir


Prof. Dr. Göknel ŞENER
Komisyon Başkanı


Doç.Dr. Pınar MEGA TİBER


Prof. Dr. Dilşad SAVE


Prof.Dr. Hilmiye AŞCI


Prof.Dr. Tuğba TUNALI AKBAY

Prof.Dr. Nefise BAHÇECİK

Prof.Dr. Hakkı ARIKAN

Doç.Dr. Oya ORUN

Doç.Dr.Gürkan SERT


Doç.Dr. İlksan DEMİRBÜKEN


Doç.Dr. M. Ümit UĞURLU


Doç.Dr. Betül OKUYAN

Av. Funda İŞİK ÖZCAN



Marmara Üniversitesi Göztepe
Kampüsü Sağlık Bilimleri
Enstitüsü 34688 Kadıköy /
İSTANBUL

0 (216) 414 44 23/12 (Faks)
0 (216) 414 44 23

saglik.ogrenci@marmara.edu.tr
<http://saglik.marmara.edu.tr>

Ayrıntılı bilgi için:
Süleyman
TÜRKMENOĞLU

11.ÖZGEÇMİŞ

Adı	Buse Tansu	Soyadı	Gündoğan
Doğum Yeri	Çankaya/Ankara	Doğum Tarihi	07.10.1990
Uyruğu	T.C.	Tel	+905418205590
E-mail	busetansu90@gmail.com		

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Doktora/Uzmanlık	Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı	2019
Yüksek Lisans	Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2013
Lisans		
Lise	Gazi Anadolu Lisesi	2008

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
Pratisyen hekim	R.R.N. Ortodonti Ağız ve Diş Sağlığı Kliniği	2014-2015

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*
İngilizce	Çok iyi	İyi	İyi

Yabancı Dil Sınav Notu #								
YDS	ÜDS	IELTS	TOEFL IBT	TOEFL PBT	TOEFL CBT	FCE	CAE	CPE
56								

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
ALES Puanı	73		
(Diğer) Puan			

Diş Hekimliği Uzmanlık Sınavı Derecesi
45

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi
Microsoft Office	İyi

Ulusal ve Uluslararası bilimsel toplantılarda bildiri kitabında yer alan posterler

- 1) Gündoğan Buse Tansu**, İldeş Gökçe Çiçek, Peker Mehmet Sertaç, Akyüz Serap Hatice Serap. “BİR OLGU NEDENİYLE EMANUEL SENDROMU”, Türk Pedodonti Derneği 24. Bilimsel Kongresi, 306- 22.10.2017. Antalya, Türkiye.
- 2) Gündoğan Buse Tansu**, Mentеш Ali Recai, Peker Mehmet Sertaç. “Multidisciplinary Treatment Approach to A Maxillary Central Incisor Tooth Which Is Impacted Due to Mesiodens”. 1th International Congress on Preventive Dentistry, 70- 05.03.2018. Erzurum, Türkiye.
- 3) Gündoğan BT**, Peker S, Kalyoncu I, Durmus B. “Mucopolysaccharidoses type IV A (Morquio syndrome): A case report, 24th International Association for Disability and Oral Health Congress, 31.08.2018. Dubai, Dubai.

Üyesi Olduğu Ulusal Kuruluşlar

- 1) Türk Pedodonti Derneği
- 2) Türk Diş Hekimleri Birliği

Katıldığı Kurs ve Organizasyonlar

- 1) Özel Olimpiyatlar. Türkiye Özel Sporcu Derneği. 31.03.2016. İzmir, Türkiye
- 2) Diş Hekimliği Lazer Akademi Derneği 1. Sempozyumu- 26.10.2017. İstanbul, Türkiye.