

T.C
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PEDODONTİ ANABİLİM DALI

**CAM İYONOMER İÇERİKLİ FARKLI RESTORATİF MATERYALLERİN
FLUORİD SALINIM VE GERİ ALIM ÖZELLİKLERİNİN, YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜKLERİNİN VE DENTİNE BAĞLANMA DEĞERLERİNİN
KARŞILAŞTIRMALI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Mehmet Bani

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Nurhan Öztaş

ANKARA
EKİM 2011

T.C
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PEDODONTİ ANABİLİM DALI

**CAM İYONOMER İÇERİKLİ FARKLI RESTORATİF MATERYALLERİN
FLUORİD SALINIM VE GERİ ALIM ÖZELLİKLERİNİN, YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜKLERİNİN VE DENTİNE BAĞLANMA DEĞERLERİNİN
KARŞILAŞTIRMALI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Mehmet Bani

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Nurhan Öztaş

Bu tez Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından
03/2008-12 proje numarası ile desteklenmiştir.

ANKARA
EKİM 2011

T.C
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Pedodonti Anabilim Dalı Doktora Programı çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi:

24.10.2011


Prof. Dr. Tezer ULUSU
Gazi Üniversitesi
Jüri Başkanı


Prof. Dr. Firdevs TULGA ÖZ
Ankara Üniversitesi


Prof. Dr. Nurhan ÖZTAŞ
Gazi Üniversitesi


Prof. Dr. Ayşegül ÖLMEZ
Gazi Üniversitesi


Doç. Dr. Haluk BODUR
Gazi Üniversitesi

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|-------------|
| Kabul ve onay | I |
| İçindekiler | II |
| Şekiller, Grafikler ve Tablolar | IV |
| Resimler | V |
| Semboller | VII |
| Kısaltmalar | VIII |
| Önsöz | X |
| | |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. GENEL BİLGİLER | 3 |
| 2.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar | 3 |
| 2.1.1. Cam İyonomer Tozu | 3 |
| 2.1.2. Cam İyonomer Likiti | 4 |
| 2.1.3. Sertleşme Reaksiyonu | 5 |
| 2.1.4. Mine ve Dentine Bağlanma | 5 |
| 2.1.5. Klinik Özellikleri | 6 |
| 2.1.6. Geleneksel Cam İyonomer Tipleri ve Kullanım Alanları | 7 |
| 2.2. Cam İyonomer- Hibrid Kombinasyonları | 10 |
| 2.2.1. Resin Modifiye Cam İyonomer Simanlar | 11 |
| 2.2.1.1. Sertleşme Reaksiyonu | 11 |
| 2.2.1.2. Mine ve Dentine Bağlanma | 12 |
| 2.2.1.3. Klinik Özellikleri | 12 |
| 2.2.2. Poliasit Modifiye Kompozit Resinler | 13 |
| 2.2.2.1. Klinik Özellikleri | 14 |

| | |
|---|------------|
| 2.2.2.2. Mine ve Dentine Bağlanma | 15 |
| 2.3. Nano Teknoloji | 16 |
| 2.3.1. Nano Dolduruculu Kompozit Rezinler | 16 |
| 2.3.2. Nano Dolduruculu Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman | 17 |
| 2.4. Giomerler | 20 |
| 2.5. Fluorid Salınım ve Geri Alım Testleri | 28 |
| 2.5.1. Fluorid İyonu Seçici Elektrot Yöntemi | 30 |
| 2.6. Yüzey Pürüzlülüğü Testleri | 30 |
| 2.7. Bağlanma Kuvveti Testleri | 32 |
| 2.7.1 Mikro Gerilme Testi | 33 |
| 3. GEREÇ VE YÖNTEM | 35 |
| 3.1. Test Materyalleri | 37 |
| 3.2. Fluorid Salınım ve Geri Alım Testi | 39 |
| 3.3. Yüzey Pürüzlülüğü Testi | 42 |
| 3.4. Mikro Gerilme Testi | 43 |
| 4. BULGULAR | 46 |
| 4.1. Fluorid Salınım ve Geri Alım Testi | 46 |
| 4.2. Yüzey Pürüzlülüğü Testi | 49 |
| 4.3. Mikro Gerilme Testi | 51 |
| 5. TARTIŞMA | 61 |
| 6. SONUÇ | 89 |
| 7. ÖZET | 91 |
| 8. SUMMARY | 93 |
| 9. KAYNAKLAR | 95 |
| 10. EKLER | 114 |
| 11. ÖZGEÇMİŞ | 115 |

ŞEKİLLER, GRAFİKLER VE TABLOLAR

| | |
|---|----|
| Şekil 1: Ra parametresi diyagramı | 32 |
| Tablo 1: Çalışmada kullanılan restoratif materyaller ve içerikleri | 36 |
| Tablo 2: Tüm materyallerin günlere göre florid salınım değerleri | 48 |
| Tablo 3: Farklı pH seviyelerindeki yüzey pürüzlülüğünün Ra ortalama ve standart sapma değerleri | 50 |
| Tablo 4: Mikro gerilme test sonuçlarının ortalama, standart sapma ve dağılım değerleri | 52 |
| Tablo 5: Kopma tiplerinin materyal gruplarına göre dağılımı | 54 |
| Grafik 1: Tüm materyallerin florid salınımının test edilen günlere göre görünümü | 48 |
| Grafik 2: Farklı pH seviyelerindeki ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin görünümü | 50 |
| Grafik 3: Mikro gerilme test sonuçlarının ortalama değerlerinin görünümü | 52 |
| Grafik 4: Kopma tiplerinin materyal gruplarına göre dağılımı | 54 |

RESİMLER

| | |
|--|----|
| Resim 1: Geleneksel cam iyonomer siman-Fuji II | 37 |
| Resim 2: Rezin modifiye cam iyonomer siman-Fuji II LC | 37 |
| Resim 3: Nano dolduruculu rezin modifiye cam iyonomer siman -Ketac N100 | 38 |
| Resim 4: Önceden reaksiyona girmiş cam iyonomer/giomer -Beautifil | 38 |
| Resim 5: Poliasit modifiye kompozit rezin/kompomer-Dyract Extra | 39 |
| Resim 6: iyon analiz cihazına bağlı iyon seçici elektrot | 41 |
| Resim 7: Kesme cihazı | 45 |
| Resim 8: Mikro gerilme testi için Universal test cihazı | 45 |
| Resim 9. Bir örneğin test cihazına yerleştirilmiş görüntüsü | 45 |
| Resim 10: Fuji II'nin X75 büyütmedeki koheziv kopma görüntüsü | 56 |
| Resim 11: Fuji II'nin X350 büyütmedeki koheziv kopma görüntüsü | 56 |
| Resim 12: Fuji II'nin X12000 büyütmedeki koheziv kopma görüntüsü | 56 |
| Resim 13: Fuji II LC'nin X75 büyütmedeki karışık kopma görüntüsü | 57 |
| Resim 14: Fuji II LC'nin X350 büyütmedeki karışık kopma görüntüsü | 57 |
| Resim 15: Fuji II LC'nin X1200 büyütmedeki karışık kopma görüntüsü | 57 |

| | |
|--|-----------|
| Resim 16: Ketac N100'ün X75 büyütmedeki adeziv kopma görüntüsü | 58 |
| Resim 17: Ketac N100'ün X350 büyütmedeki adeziv kopma görüntüsü | 58 |
| Resim 18: Ketac N100'ün X1200 büyütmedeki adeziv kopma görüntüsü | 58 |
| Resim 19: Dyract Extra'nın X65 büyütmedeki karışık kopma görüntüsü | 59 |
| Resim 20: Dyract Extra'nın X350 büyütmedeki karışık kopma görüntüsü | 59 |
| Resim 21: Dyract Extra'nın X1200 büyütmedeki karışık kopma görüntüsü | 59 |
| Resim 22: Beautifil'in X70 büyütmedeki adeziv kopma görüntüsü | 60 |
| Resim 23: Beautifil'in X350 büyütmedeki adeziv kopma görüntüsü | 60 |
| Resim 24: Beautifil'in X1200 büyütmedeki adeziv kopma görüntüsü | 60 |

SEMBOLLER

Al_2O_3 : Alimüna

SiO_2 : Silika

Al: Alüminyum

Ca: Kalsiyum

Sr: Stronsiyum

Zn: Çinko

Na: Sodyum

K: Potasyum

La: Lantanum

KISALTMALAR

| | |
|---------|---|
| CİS | : Cam İyonomer Siman |
| RMCİS | : Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman |
| PRG | : Pre-reacted Glass İonomer (Önceden Reaksiyona Girmiş Cam İyonomer) |
| F-PRG | : Fully Reacted Glass İonomer (Tam Reaksiyona Girmiş Cam İyonomer) |
| S-PRG | : Surface Reacted Glass İonomer (Yüzey Reaksiyonuna Girmiş Cam İyonomer) |
| Nm | : Nanometre |
| Mm | : Mikrometre |
| HAP | : Hidroksiapatit |
| FAP | : Fluoroapatit |
| TISAB | : Total Ionic Strength Adjustment Buffer (Toplam İyonik Gücü Ayarlama Tamponu) |
| ISO | : International Standards Organization (Uluslararası Standartlar Birliği) |
| SEM | : Scanning Electron Microscop (Taramalı Elektron Mikroskopu) |
| HEMA | : Hidroksietil Metakrilat |
| BİS-GMA | : Bisfenol Gliseril Metakrilat |
| TEGDMA | : Trietilen Gliseril Dimetakrilat |
| TMPTMA | : Trimetilol Propan Trimetakrilat |

UDMA : Uretan Dimetil Metakrilat

TCB : Triklorbenzen

PEGDMA : Polietilen Gliseril Dimetakrilat

AILEME...

1. GİRİŞ

Günümüzde diş çürüğü birçok çocukta ciddi bir sorun oluşturmakta ve restorasyonu için en uygun materyalin ne olduğu konusu hala tartışılmaktadır. Geçmişten günümüze süt dişi restorasyonlarında en çok tercih edilen restoratif materyal olan amalgamlar pek çok çocukta başarı ile kullanılmıştır. Ancak amalgamın hoş olmayan görünümü, civa toksisitesi şüphesi ve estetik gereksinimler araştırmacıları alternatif olabilecek restoratif materyal arayışı içine sürüklemiştir¹. Minimal invaziv diş hekimliğine ilginin giderek artmasının yanı sıra estetik restorasyonlara olan talebin artış göstermesi sonucunda süt dişlerinin tedavisinde yeni restoratif materyallerin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Özellikle florid salınımı yapan, mekanik ve estetik özellikleri yüksek olan materyaller üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır². Ülkemizde diş çürüklerinin son derece yaygın olması ve ağız hijyenine yönelik eğitim programlarının yaygın olarak yürütülememesi, çürük oluşumunu önlemedeki etkinliği bilimsel çalışmalarla kanıtlanmış olan florid salınımı yapan materyallerin özellikle çocuk diş hekimliğinde kullanımının önemini artırmaktadır³. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda süt dişi restorasyonlarında cam iyonomer simanlar (CİS), rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS), poliasit modifiye kompozit rezinler (kompomer) ve florid içerikli kompozit rezinler sıklıkla tercih edilen materyallerdir.

Son yıllarda teknolojiye gelişmelerle beraber cam iyonomerlerin yeni bir kategorisi olan önceden reaksiyona girmiş cam iyonomer (pre-reacted glass ionomer/PRG) ve nano dolduruculu RMCİS'ler (nano-iyonmer) piyasaya sunulmuştur.

'Pre-reacted glass ionomer' olarak belirtilen yapı piyasada 'giomer' olarak isimlendirilmektedir. Giomerlerin temel yapısı önceden reaksiyona girmiş cam iyonomer teknolojisidir. Yani asit-baz reaksiyonu rezin ile birleşme öncesinde gerçekleşmektedir. Giomerler PRG doldurucuları içeren ve florid salınımı yapan rezin esaslı restoratif materyallerdir⁴⁻²⁰.

Nano dolduruculu RMCİS'ler süt ve daimi dişlerin restorasyonlarında kullanılmak amacıyla üretilmiştir. Bu restoratif simanın 'nano iyonomer' olarak adlandırılmasının nedeni cam iyonomer partiküllerinin nano doldurucu teknolojisi ile bağlanmayı temel alması esasına göre üretilmesidir. Bu materyalde nano doldurucular ile RMCİS'lerin avantajları birleştirilmiştir^{2,21-29}.

Yapılan literatür incelemesinde giomerlerin ve nano-iyonomerlerin florid salınımı ve geri alımı, yüzey özellikleri ve diş yapısına bağlanma kuvvetlerini karşılaştırmalı olarak değerlendiren yeterli çalışma olmadığı görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, farklı yapıda cam doldurucu içeren restoratif materyallerin florid salınım ve geri alım kapasitelerini karşılaştırmak, değişik pH seviyelerinin materyallerin yüzey pürüzlülüğüne etkisini değerlendirmek ve bu materyallere mikro gerilme test yöntemi uygulanarak bağlanma kuvvetlerini saptamaktır.

2. GENEL BİLGİLER

Cam iyonomer içerikli restoratif materyaller, sağladığı pek çok avantaj nedeniyle süt dişlerinde en çok tercih edilen restoratif materyallerdir. Bunlar ;

- * Geleneksel Cam İyonomer Simanlar
- * Cam İyonomer/Hibrit Kombinasyonları
 - Rezin modifiye cam iyonomer simanlar
 - Poliasit modifiye kompozit rezinler¹

Özellikle son yıllarda cam iyonomer içerikli restoratif materyaller üzerinde birçok çalışma yapılmakta ve yeni gelişmeler olmaktadır.

2.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar

Cam iyonomer simanlar (CİS) diş hekimliğine ilk defa Wilson ve Kent tarafından 1969 yılında sunulmuştur. CİS, florid içerikli alüminosilikat cam ya da fluoroalimuno cam tozları ve poliasit likit arasındaki asit-baz reaksiyonunu takiben sertleşen su bazlı bir materyal olarak tanımlanabilir³⁰⁻³³.

2.1.1. Cam İyonomer Tozu (Doldurucu partikül bileşimi)

Cam iyonomer tozu; Alimüna (Al_2O_3), silika (SiO_2), metal oksitler, metal floridler ve metal fosfatların 1100 °C'den daha yüksek bir

ısıda erimesi sonrası soğutulup 45 µm'den küçük partiküller halinde öğütülmesiyle meydana gelmektedir. Fosfat ve florid üretim süresince erime ısını artırmak için kalsiyum ve sodyum florür iyonları formunda kullanılmakta sertleşme karakteristiğini modifiye etmek için cam bileşimine katılmaktadır. Metal iyonları genellikle alüminyum (Al), kalsiyum (Ca), stronsiyum (Sr), çinko (Zn), sodyum (Na), potasyum (K) ve lantanum (La)'dan seçilmektedir³⁴.

Cam tozunun partikül boyutu ve dağılımı simanın sertleşme karakteristiğini kontrol etmek için çok önemlidir. Fluoroalimüna silikat cam, simana diğer florid bileşenleri eklenmeksizin florid salınım özelliğine sahip bir yapıdır³⁴. Florid içeriğinin %23 olabilmesi için Al_2O_3/SiO_2 oranının 1/2 veya daha fazla olması gerekmektedir. Esas olarak florür iyonu asit diffüzyonu evresi boyunca sodyum florid iyonu şeklinde salınmaktadır. CİS'in fiziksel özelliği florid salımından etkilenmemektedir³⁵.

2.1.2. Cam İyonomer Likiti (Poliasit matriks formasyonu)

CİS'lerde fluoroalüminasilikat cam ile reaksiyona giren poliasit genellikle polikarboksilik asittir. Ayrıca, poliakrilik asit, polimaleik asit, akrilik asit-itakonik asit kopolimer, akrilik asit-maleik asit kopolimer, akrilik asit-2 bütan dikarboksilik asit kopolimer ve polivinil fosforik asit olarak bilinen asitler de kullanılmaktadır. Poliasitin reaktivitesi kopolimerin içeriğine bağlı olduğu kadar moleküler ağırlığa ve konsantrasyona da bağlıdır. Kullanımları esnasında distile su ve tartarik asitin sulu solüsyonuyla karıştırılarak hazırlanan simanlar uygun ortamda saklandıklarında sınırsız süreli kullanım avantajı sağlarlar^{30,34-36}.

2.1.3. Sertleşme Reaksiyonu

CİS'lerin sertleşmesi su varlığında toz ve likitin karıştırılması sonucu asit-baz reaksiyonu ile olmakta ve iki aşamada meydana gelmektedir. İlk aşama CİS karıştırıldıktan sonraki ilk 10 dakikalık klinik sertleşme sürecinde oluşmaktadır. İkinci aşama ise ortamda su varlığında asidin hidrojen iyonlarının cam partiküllerine yapışması sonucu kalsiyum, stronsiyum ve alüminyum iyonlarının salınması ile başlamaktadır. Bu evre yavaş ilerlemekte ve uzun süre devam etmektedir. 24 saat sonra polimerizasyon tamamlanmaktadır. Simanın sertleşme reaksiyonu tamamlanmadan önce siman yüzeyi su ile temas ederse kalsiyum ve alüminyum iyonları yüzeyden uzaklaşmakta ve simanın oluşumu engellenmektedir. Bunun sonucunda siman translüsent özelliğini kaybetmekte ve yüzey zayıflayarak kolay aşınabilir hale gelmektedir. CİS'lerin optimal fiziksel özelliklere ulaşması bir hafta sürmektedir. Bu nedenle bitirme işlemleri en az bir hafta sonra tamamlanmalıdır^{33,34,36,37}.

2.1.4. Mine ve Dentine Bağlanma

CİS'lerin mine ve dentine bağlanması iyon değişimi esasına dayanmaktadır. Siman likitindeki poliakrilat iyonları hidroksiapatit kristalinin yapısındaki kalsiyum ve fosfor iyonları ile yer değiştirerek apatit yapısı ile reaksiyona girmektedir. Böylece mine ile siman arasında poliakrilat, fosfat ve kalsiyum iyonlarından meydana gelen tabaka oluşarak simanın mineye bağlanması sağlanmaktadır. Her bir fosfat iyonunun elektrolit dengesi sağlamak için bir kalsiyum iyonu aldığı, sonuçta iki materyal arasında iyondan zengin bir tabaka oluştuğu ve istenilen düzeyde bir birleşmenin oluştuğu bilinmektedir. Dentinin daha az inorganik komponent içermesi ve morfolojik olarak daha homojen olması nedeniyle CİS'in dentine

bağlanması daha zayıftır. Klinik uygulamada cam iyonomerlerin adheziv özelliklerinin artırılması amacıyla kaviteye %10 luk poliakrilik asitin 15 saniye uygulanması tavsiye edilmektedir. Bu işlem smear tabakayı kaldırarak dentin tübüllerinin açılması içindir. Ayrıca iyon değişimi için daha uygun bir ortam sağlanmış olmaktadır^{34,36,38}.

2.1.5. Klinik Özellikleri

CİS'in pulpa ile biyolojik uyumu birçok araştırma ile kanıtlanmıştır. Cam iyonomerler pulpada polikarboksilat simana benzer bir reaksiyon oluşturmaktadırlar. Bu sebeple dolguların altında kaide materyali olarak rahatlıkla kullanılabilceği belirtilmiştir. Ancak yinede cam iyonomerlerin doğrudan pulpa dokusu üzerine uygulanmamaları, derin kaviteilerin kalsiyum hidroksit patı ile korunmaları önerilmektedir³⁶.

CİS'in en büyük avantajlarından biri florid salınım özelliğidir. Böylelikle sekonder çürük ihtimalini azalttıkları gibi, çevreye florid salınımı yaparak komşu diş sert dokularını da çürüğe karşı korumaktadırlar. Ayrıca restorasyon marjinde mikrosızıntıyı azaltarak hem post-operatif hassasiyeti önlemekte hem de renk stabilitesi sağlamaktadırlar³⁶⁻³⁸. CİS yapısındaki florid, matriksin yapısında değildir. Böylelikle simandan salınan florid simanın fiziksel özelliklerini etkilememektedir. CİS'ler ağıza uygulanan yerel floridi alarak 're-charge'(reşarj-geri alım) olmaktadır. Dışarıdan ağıza yerel florid uygulaması olmadıkça CİS'ler sürekli bir florid salınımı yapmamaktadırlar. CİS'in florid salınımı bir ay sonra düşüşe geçmekte ve bir yılın sonrasına kadar minimuma inmektedir. Ancak bazı araştırmacılar CİS'in 8 yıl süreyle florid salabildiklerini iddia etmektedirler³⁸.

Avantajları olarak; ağızda uzun süre çalışma olanağı sağlamaları, mine ve dentine kimyasal adhezyon, florid salınımı ile sekonder çürüğü önleme, pulpa ve dişeti ile uyumlu olma, kendilerini tamir edebilme gibi özellikleri sayılabilmektedir. Dezavantajları olarak ise; karıştırılmalarından sonra ilk 24 saat içinde hidrasyon ve dehidrasyona çok hassas olması, ağız sıvılarında çözünürlük, estetik özelliklerinin yetersiz olması ve oklüzal stres alanlarında gerilme, kopma ve aşınma dirençlerinin düşük olması gösterilmektedir^{36,37}.

2.1.6. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Tipleri ve Kullanım Alanları

Son dönemlerde hem cam-toz komponentinde hem de polikarboksilik asit likitinde pek çok değişiklik yapılmıştır. Özellikle bu iki komponent arasındaki asit-baz sertleşme reaksiyonunun modifikasyonu, bileşimleri suda çözünebilir polimerler ve polimerize monomerlerin girmesiyle gerçekleştirilmiştir. Böylece bileşimdeki farklılıkların bir sonucu olarak çeşitli spesifik uygulamalar için uygun materyaller hazırlanmıştır. CİS'ler klinikte yapıştırma simanı, anterior ve posterior dolgu materyali, kaide ve kor yapımında, fissür örtücü ve kök-kanal dolgu materyali olarak kullanılmaktadır³⁴.

Cam iyonomer simanlar;

TİP I: Yapıştırma simanları

TİP II: Restorasyon simanları

TİP III: Kaide materyali ve fissür örtücüler olarak sınıflandırılabilir.

CİS'ler çocuk diş hekimliğinde geniş bir yelpazede kullanılırken Sınıf III ve Sınıf V restorasyonlarda da tercih edilmektedirler. Bazı CİS'ler kaide materyali olarak geliştirilmiştir. Bu tip simanlar kompozit rezinin mine yerine kullanıldığı restorasyonlarda dentin olarak kullanılmaktadır (Sandviç tekniği). Bu şekilde hem CİS'lerin hem de kompozit rezinlerin avantajları kombine edilmiş olmaktadır^{34,37}.

CİS'in direncini artırmak için doldurucu komponente metallerin eklenmesi hedeflenmiştir. Camın ısı ve basınç altında gümüş ile birleştirilmesi ile oluşan ürün 'kermet siman' olarak adlandırılmaktadır. Kermet siman tozu, fluoroalüminosilikat cam ve gümüş alaşım içermektedir. Bu simanların biyouyumu, mine ve dentine adhezyonları geleneksel cam iyonomerlere benzemektedir, ancak geleneksel CİS'e göre daha az florid salmaktadırlar. Bunlar daha dirençli, kolay uygulanan ve radyopak cam iyonomerlerdir ancak renk uyumları yetersizdir. Metalle güçlendirilmiş CİS'ler; kaide materyali, tünel restorasyon materyali, fissür örtücü ve geçici posterior restoratif materyal olarak tercih edilebilmektedirler^{34,35,37}.

Akışkan CİS'ler; kaide materyali, fissür örtücü, aşırı duyarlı servikal bölgelerde restoratif materyal ve kök-kanal patı olarak kullanılmaktadırlar. Bu materyaller toz-likit oranı düşük tutularak yüksek düzeyce akıcılık gösterecek şekilde geliştirilmiştir. Bu tip materyaller fissür örtücü olarak uygulandığında tüm okluzal yüzeye yayılarak çok iyi bir kapaticılık sağlamaktadırlar³⁴.

Cam partiküllerinin yüzeyinden fazla kalsiyum iyonlarının uzaklaştırılması, partiküllerin boyutlarında ve yüzey reaktivitesinde yapılan

gelişmeler ile viskozitesi yüksek CİS'ler piyasaya sürülmüştür. Visközitesi yüksek bu CİS'lere 'kondanse edilebilen cam iyonmer simanlar' adı verilmektedir^{39,40}. Bu ismin verilmesinin nedeni minimal enstrumantasyon şartları altında çürüğün kaldırılarak materyalin parmak basısı altında kaviteye kondanse edilebilmesinden dolayıdır (Amalgama benzer şekilde kondanse edilebilmektedir). Kondanse edilebilmesinin sebebi ise tozuna poliakrilik asitin ilave edilmesi ve grenlerin boyutunun dağılımının daha iyi olmasıdır⁴¹. Bu amaçla Fuji IX, ChemFlex, Ketac-Molar ve Hi-Dense gibi simanlar üretilmiştir. Bu simanların aşınmaya ve okluzal kuvvetlere karşı dirençlerinin yüksek olması nedeniyle kullanımları 1990'larda artmıştır^{40,42}. Hızlı sertleşme reaksiyonu, su dengesindeki değişikliklere karşı aşırı hassasiyet göstermemesi ve sertleşme sonrasında ağız sıvılarında çözünürlüğün daha az olması bu simanların kullanımını uygun hale getirmiştir^{37,40}. Yüzey sertlikleri hibrid kompozit rezinlere benzemektedir. Yüksek çürük riski olan ve kooperasyon kurulamayan çocuklarda süt dişlerindeki Sınıf I ve Sınıf II restorasyonlarda kullanılmaktadır. Mineralize dokuya kimyasal bağlanması ve florid salınımı yaparak demineralize dokunun remineralizasyonuna yardımcı olmaları sekonder çürüğün gelişimini engellemektedir. Bu materyallerden salınan florid miktarı geleneksel CİS'e benzerlik göstermektedir^{41,42}.

França ve ark.⁴³ yaptıkları bir *in vivo* çalışmada Fuji IX CİS'in Sınıf I, II, III, IV, V restorasyonlarda başarı oranlarını karşılaştırmışlardır. Sınıf I kavitelere %75,3 Sınıf II kavitelere %39,1 Sınıf III kavitelere %72,9 Sınıf IV kavitelere %55,6 ve Sınıf V kavitelere %90 başarı oranları saptadıklarını bildirmektedirler.

Mandari ve ark.⁴⁴ ise geleneksel amalgam restorasyonlar ile CİS'leri karşılaştırdıkları bir çalışmalarında, 2 yıl sonunda CİS

restorasyonlarda sekonder çürük saptanmadığını ancak amalgam restorasyonlarda %3 oranında sekonder çürük tespit ettiklerini bildirmektedirler.

2.2. Cam İyonomer - Hibrid Kombinasyonları

Bu sınıfa dahil materyaller ilk defa 1980'li yılların sonunda kaide materyali olarak kullanılmaya başlanmış, 1992 yılında ise restoratif materyal olarak geliştirilmiştir⁴⁵. Farklı isimler altında piyasaya sunulan bu materyallerle ilgili pek çok çalışma yapılmış ve literatürde tam bir terminoloji karmaşası yaşanmıştır^{46,47}.

- Işıkla sertleşen cam iyonomer siman
- Dual-cure siman
- Rezin iyonomer
- Hibrid iyonomer
- Resiomer
- Polimer içeren cam iyonomer siman
- Fluorid salan siman
- Rezin modifiye cam iyonomer siman

McLean ve ark.⁴⁷ tarafından bu isimlendirmelerin materyali tanımlamak için yetersiz olduğuna dikkat çekilmiştir. McLean ve arkadaşlarına göre ışıkla sertleşen cam iyonomer terimi asit-baz reaksiyonunun ışıkla başlayabileceğini ifade etmektedir ve bu materyal için doğru bir tanımlama olmamaktadır. Yine aynı araştırmacılar sertleşme reaksiyonlarının büyük bir bölümü asit-baz reaksiyonu ile oluşan materyalleri RMCiS olarak tanımlamışlardır. Asitte çözünebilir cam ile

birlikte biraz polimerik asit içeren ve de kompozit rezinlerin sertleşme reaksiyonlarını gösteren materyalleri de poliasit modifiye kompozit rezin olarak tanımlamışlardır.

2.2.1. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar

RMCİS esas olarak %80 cam iyonomer, %20 rezinden oluşmaktadır. Markasına göre değişiklik olmasına karşın genel olarak likiti ışıkla polimerize olan hidroksietil metakrilat (HEMA) gibi bazı metakrilat grupları ve tartarik asit içeren poliakrilik asit ve %8 sudan oluşmaktadır. Toz ise radyoopasite sağlamak üzere modifiye edilmiş fluoroalüminosilikat cam tozlarından oluşmaktadır. Geleneksel CİS'in su komponenti RMCİS'de bir HEMA/ su karışımıyla yer değiştirmiştir⁴¹.

2.2.1.1. Sertleşme Reaksiyonu

Toz likit karıştırıldığında klasik cam iyonomer asit-baz reaksiyonu başlamaktadır. Bu arada materyaldeki HEMA için kimyasal bir indikatör içeriyorsa HEMA'nın polimerizasyonu da başlamaktadır. Eğer materyalde ışıkla sertleşen sistem kullanılmışsa HEMA mavi ışığın etkisiyle polimerize olmaktadır. Daha yavaş ilerleyen asit-baz reaksiyonu, restorasyona bir matris teşkil eden HEMA'yı güçlendirmektedir. Kısacası iki sertleşme reaksiyonu gelişmektedir. Birincisi ışıkla başlatılan reaksiyondur diğeri ise; ışıkla sertleşmeyi takiben devreye giren asit-baz reaksiyonudur. RMCİS ilk sertleşme reaksiyonundan sonra 24 saat süren bir sertleşme sonrası periyodu olduğu öne sürülse de literatürde net bir fikir birliği bulunmamaktadır^{46,48}.

RMCİS'in suyu emdiği ve bunun; materyalin boyutsal özelliklerini ve dayanıklılığını etkilediği bildirilmektedir⁴⁶. Ancak bazı araştırmacılar materyaldeki rezin köprülerin su girişini azalttığına ve oluşan sertleşme reaksiyonunun su ile erken temasın önlenmesini sağlayarak materyalin erken yıkımdan korunduğuna inanmaktadırlar. Bununla birlikte RMCİS'in neme karşı hassasiyetinin geleneksel CİS'e göre daha az olduğunu göstermişlerdir⁴⁵.

2.2.1.2. Mine ve Dentine Bağlanma

RMCİS'ler hem kimyasal hem de mikromekanik bağlanma göstermektedirler. RMCİS'lerin asit-baz reaksiyonu sonucu oluşan kimyasal bağlanmasında içeriğinde bulunan HEMA'nın dentinin ıslanabilirliğini ve materyalin dişe penetrasyonunu artırması rol oynamaktadır. Mikromekanik bağlanmasında ise RMCİS'in yapısında bulunan poliakrilik asitin dentin dokusunda oluşturduğu deminerilizasyona bağlı olduğu düşünülmektedir³². RMCİS'lerin mine ve dentine bağlanma kuvvetlerinin yaklaşık olarak CİS'lerin 2 katı olduğu bildirilmiştir⁴⁸.

Marquezan ve ark.⁴⁹ iki farklı RMCİS süt ve daimi dişlerde bağlanma kuvvetini değerlendirdikleri çalışmalarında; Fuji II LC ve Vitremer birbirine yakın bağlanma değerleri gösterse de Fuji II LC'nin daha yüksek bağlanma değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir.

2.2.1.3. Klinik Özellikleri

RMCİS'in yapısında küçük doldurucular kullanılarak estetik özelliği de geleneksel CİS'e göre geliştirilmiştir. Bunların yanı sıra birçok

renk seçeneği, biyouyumluluğu, aşınma dirençlerinin yüksek olması, ağız ortamındaki çözünürlüklerinin az olması ve kolay manüple edilmesi geleneksel CİS'e göre diğer üstün özellikleridir. Hidratasyon ve dehidratasyon şüphesi, ışığın ulaşamadığı alanlardaki polimerizasyon eksikliği, marjinal renklenme ve post-operatif hassasiyet ise dezavantajları olarak sayılabilir^{48,49}.

RMCİS'lerin de dehidratasyona karşı duyarlı olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmektedir. Sertleşme sırasında kuruma büzülmeyi artırmakta ve çatlaklara neden olmaktadır. Bu yetersizliği sertleşme sırasında oluşan polimerizasyon büzülmesi arttırmaktadır⁴². Klinik uygulamalarda da hidrasyon şüphesi göz önünde bulundurularak restorasyonun koruyucu bir doldurucusuz rezin tabakasıyla örtülmesi tavsiye edilmektedir^{38,42,49}.

2.2.2. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinler

Bu materyaller 1994 yılında Dentsply tarafından geliştirilmiş ve çoğunlukla süt dişlerinin daimi restorasyonunda ve daimi dişlerin Sınıf III ve V kavite restorasyonlarında kullanılmaları önerilmektedir⁵⁰. Materyalle ilgili araştırmalarda ve literatürde poliasit modifiye kompozit rezinler yerine kompomer terimi kullanılması sıklıkla tercih edilmektedir. Dyract, Compoglass, Hytac, Variglass, Geristore gibi değişik isimler altında piyasaya sürülmüş ve yapısal olarak da materyalin içeriği firmalara göre farklılık göstermektedir. Rezin-cam oranı Compoglass da %70 rezin, %30 CİS'tir. Geristore ve Variglass'da bu oran daha düşüktür. Kompomerlerde iki metakrilat ve iki karboksil gruplu rezin formu oluşturmak için, butantetrakarboksilik asidin ürünü ve HEMA, hidrofilik monomerlerin eklenmesiyle modifiye edilmiştir. Doldurucular ise florid

salınımından sorumlu %13 lük florid içeren stronsiyum-alüminyum-fluorosilikat cam tozlarıdır. Kompomerlerin sertleşme reaksiyonunu ise rezin içeriğinin fotopolimerizasyonu oluşturmaktadır^{43,46,51-53}.

2.2.2.1. Klinik Özellikleri

Kompomerler hekimlere mükemmel bir kullanım kolaylığı sağlayan tüpler içerisinde macun kıvamında bulunmaktadır. Bu özellikleriyle de RMCİS'e göre kullanımları daha popüler olmuştur. Kompomer setindeki bonding ajan ise primer ve adhezivin tek şişede kombine edildiği tek fazlı bonding sistemlerdir^{51,52}.

Kompomerlerin biyolojik uyumu, çok sayıda renk seçeneği, oklüzal kuvvetlere karşı direnci, kolay manipülasyonu, estetik özellikleriyle CİS'e karşı üstünlük sağlamalarına karşın ışığın ulaşmadığı bölgelerde sertleşme sağlanamaması ve florid salınımının geleneksel CİS'lere ve RMCİS'e göre düşük olması gibi dezavantajları bulunmaktadır^{46,52}.

Kitty ve Stephan⁵⁴ yaptıkları çalışmada kompomeri hibrit kompozit rezin ile karşılaştırmış ve 1 yıl sonunda rekürrent çürük, renk değişimi, marjinal bütünlük yönünden her iki restoratif materyal arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını bildirmektedirler.

Peters ve ark.⁵⁵ kompomerleri 1 yıl süre ile değerlendirdikleri çalışmalarında yüzey özellikleri ve diş eti uyumunun iyi olduğunu bulgulamışlardır. Ancak kompomerlerin düşük aşınma direnci nedeniyle bitirme işlemlerinin dikkatli yapılması gerektiğini de vurgulamaktadırlar.

Kramer ve Frankerber⁵² kompomerle ilgili 109 literatürden yararlanarak yaptıkları derlemelerinde; kompomerin günümüzde anterior ve posterior dişlerin restoratif tedavileri için diğer materyallere göre etkin bir alternatif oluşturduğunu ve klinik başarı oranının yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Kramer ve ark.⁵⁶ posterior kompomer restorasyonları 4 yıl takip ederek yaptıkları çalışmada; yıl sayısı arttıkça başarının azaldığını ancak 4 yıl sonunda 71 restorasyondan 52 sinin hala fonksiyonda olduğunu ve 4 yılın sonunda başarı oranının % 40 olduğunu saptamışlardır.

Cehrelı ve ark.⁵⁷ kompozit rezin ve kompomer restorasyonları değerlendirdikleri klinik çalışmalarında, 2 yıl takip sonrası marjinal renklenme, marjinal adaptasyon, anatomik form, mine kaybı ve çürük değerlendirmesi sonucunda kompozit rezinin kompomere göre anlamlı bir üstünlük gösterdiğini bildirilmektedirler.

2.2.2.2. Mine ve Dentine Bağlanma

Kompomerler RMCİS ve kompozit rezinlerle karşılaştırıldıklarında, mine ve dentine bağlanma kuvvetinin RMCİS'ten daha üstün, kompozit rezinlerden ise daha zayıf olduğu bir çok araştırmada bildirilmiştir.²² Kompomer uygulamalarında asitle pürüzlendirmenin olmaması özellikle çocuklarda önemli bir avantaj oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra Abate ve ark.⁵³ adezivden önce mineye uygulanan %35'lik fosforik asidin kompomerin bağlanma kuvvetini

arttırdığını ancak dentin ve sementte uygulamanın gerekli olmadığını bildirmişlerdir.

2.3. Nano Teknoloji

Nanoteknoloji ilk kez 1974'de maddeyi, atomik ve moleküler seviyede kontrol etme bilimi olarak tanımlanmaktadır. Bir nanometre (nm) mikrometrenin (mm) 1/1000'dir. Genel olarak 100 nm ve daha küçük boyutta melzeme ve aygıt geliştirmeyi kapsayan bu teknoloji ile ilgili aygıt fiziği, melzeme bilimi, elektronik, kimya, biyoloji gibi bilim dallarında nanoteknoloji çalışmaları yapılmaktadır. Günümüzde sağlık, tekstil, elektronik, otomotiv, gıda alanlarında bu teknoloji yaygın olarak kullanılmaktadır⁵⁸⁻⁶⁰.

2.3.1. Nano Dolduruculu Kompozit Reziner

Diş hekimliğinde ilk kez kompozit rezinlerde materyalin fiziksel, mekanik ve estetik özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Resin içerikli materyallerde karşılaşılan en büyük sorunlardan biri polimerizasyon büzülmesidir. Bunun önüne geçebilmek amacıyla doldurucu miktarını artırarak monomer miktarının azaltılması düşünülmüş, kompozit rezinlerde daha küçük partikül boyutuna sahip doldurucular daha yüksek miktarda kullanılmıştır. Doldurucu miktarları, büyüklükleri, morfolojileri, hacimleri, dağılımları ve kimyasal yapılarında yapılan değişiklikler ile çok çeşitli nano dolduruculu kompozit rezinler elde edilmiştir. Yapılan çalışmalarda doldurucu silika partiküllerin tek başına (nanofil/nanomer) ya da kümeler (nano-kümeler) halinde veya her ikisinin kombinasyonları şeklinde kompozit rezinlere eklenmesi ile geliştirilen nano dolduruculu kompozit rezinlerin çeşitli özellikleri araştırılmıştır^{2,26,59-62}.

Nano dolduruculu kompozit rezinlerde nanofiller, nanokümeler arası boşlukları doldurmakta böylece daha yoğun doldurucu içeren bir yüzey elde edilmesini sağlamaktadır. Aşındırıcı kevvetler nedeni ile yüzeyden sadece nano büyüklükteki doldurucular ayrıldığından materyalin yüzeyi geleneksel kompozit rezinlere göre daha pürüzsüz ve parlaktır. Ayrıca nano partiküllerin ışığı kırma indeksleri ölçülemeyecek miktarda düşük olduğundan translüsens bir görünüm oluşmasını sağlar. Bu avantajlar ile estetik özellikleri geleneksel kompozit rezinlere göre daha gelişmiştir. Nano dolduruculu kompozit rezinler, rezinlerde kullanılan küresel doldurucu partiküller daha yüksek doldurucu içeriği nedeni ile manipülasyonu kolaylaştırırken mekanik özelliklerini de artırmaktadır^{2,59-61}.

2.3.2. Nano Dolduruculu Resin Modifiye Cam İyonomer Simanlar

Üreticinin bu restoratif simanı nano iyonomer olarak adlandırmasının nedeni cam iyonomer partiküllerinin nano doldurucu teknolojisi ile bağlanmayı temel almasıdır. Nano doldurucu ve doldurucu materyalin nano kümelerinin ilave edilmesi estetiği ve cilalanabilirliği artırmış, sertleşmiş materyalin ağız içerisinde sergilediği belirli fiziksel karakteristiklerini geliştirmiştir. Nano dolduruculu RMCİS'ler renk karakteristikleri ve cilalanabilirliği geliştirmek amacıyla kombine edilmiş fluoroalüminosilikat camı, nano doldurucular ve nano doldurucu yığınlarını (kümelerini) içermektedir⁶³. Nano iyonomerler, RMCİS'lerin toz-likit halinde olması, elle karıştırılmasının gerekmesi ve cilalanma özelliklerinin resin kompozit rezinler kadar iyi olmaması gibi dezavantajlarını gidermek amacıyla geliştirilmiştir. Bu gelişmelerin cam iyonomer sistemler ile kompozit rezinler arasında var olan boşluğun ortadan kalkmasına yardımcı olacağı düşünülmüştür^{21,63}.

Nano dolduruculu RMCiS olarak piyasada var olan materyal Ketac Nano-Ketac N100 (3M ESPE)'dür. Pat/pat formülasyonu ve uygulama tabancası materyalin kullanımını kolaylaştırmakta ve hızlandırmaktadır. Üretici firmaya göre Ketac N100'ün pat/pat formülasyonu aşağıdaki gibidir:

Pat A; rezin bazlı olup fluoroalüminosilikat cam, silan uygulanmış silika ve zirkonya nano-doldurucular, metakrilat ve dimetakrilat rezinler ve foto-başlatıcıları içermektedir. Pat B; su bazlı olup polialkenoik asit kopolimer, silan uygulanmış zirkonya silika nano-kümeleri ve HEMA içermektedir. Ketac N100 primer'ı su, HEMA, polialkenoik asit kopolimeri ve foto başlatıcıları ihtiva etmektedir^{21,63}.

Ketac N100 kullanım tekniği aşağıdaki gibidir:

- 1- Dişlerin preparasyonu bilinen yöntemlerle yapıldıktan sonra tüm yüzeyler ve marjinlere Ketac N100 Primer sürülür.
- 2- Primer hava ile hafifçe kurutularak inceltir.
- 3- Primer 10 saniye süre ile ışınlanır.
- 4- Materyal arzu edilen dozda karıştırma kağıdına aktarılır ve 20 saniye süre ile karıştırılır. 20 saniyelik karıştırma süresini kısa tutmamak önem taşımaktadır. Tüm bileşenler doğru şekilde kombine olmalıdır.
- 5- Şırınga ucu karıştırılan pat ile doldurulur ve pat prepare edilmiş dişe dikkatlice enjekte edilir.
- 6- Siman preparasyon sınırı içerisine yavaşça uygulanır. Uygulama sırasında şırınganın ucu hava kabarcığı oluşmasını önlemek için materyalin içerisinde tutulmalıdır.

(Karıştırılmış simanın enjeksiyondan önce 30 saniye süreyle şırıngada bekletilmesi faydalıdır. Bu hafif gecikme materyalin bir miktar katılaşmasını sağlayarak daha kolay enjekte edilmesini sağlamaktadır.)

- 7- Tek seferde yalnızca 2 mm'lik katmanlar yerleştirilmeli ve her bir katman ayrı ayrı ışınlanmalıdır. Her tabaka için 1100 mW/cm² ayarında 20 saniye süre ile ışık uygulanması yeterlidir. (Işık uygulanmadan rezin sertleşme reaksiyonu gerçekleşmemektedir.)
- 8- Restoratif materyal ile kavite tamamen doldurulur ve Ketac N100 Primer'e batırılmış el aletleri kullanılarak şekillendirilir. Primer sertleşmemiş simanın alete yapışmasını önler.
- 9- Son ışık uygulamasının ardından restoratif yüzey, kompozit rezinlere benzer şekilde bitirilir ve cilalanır. Yavaş turlu, orta ve ince elmas frezler, alüminyum oksit ya da elmas bitirme bantları ve diskleri nano iyonmer materyal üzerinde özellikle faydalıdır^{21,63}.

Simanın aşınma direnci ve kırılma kuvvetleri ile uygulama özellikleri henüz belirlenmemiştir; ancak nano doldurucu formüllerle elde edilen erken klinik deneyimler olumludur. Nano doldurucu RMCİS'lerin renk uyumu ve cilalanabilirliğinin oldukça gelişmiş olması dikkat çekicidir. Geleneksel RMCİS'lere göre kaydedilen bu iki gelişme, nano doldurucu bu materyali özellikle florid salınımından faydalanması arzu edilen yüksek çürük eğilimli hastaların anterior dişlerinin tedavisinde tercih edilebilir kılmaktadır. Belki de nano doldurucu bu materyal ile elde edilen klinik başarılar, diş hekimlerini bu materyali süt dişlerinin tedavisinde birincil olarak tercih etmesi yönünde cesaretlendirecek ve daimi dişlerin tedavisinde potansiyel kullanım alanlarını takip etmelerini sağlayacaktır²¹.

Markovic ve ark.²⁴ 5 farklı cam iyonomer içerikli restoratif materyalin florid salınımı ve geri alımı ile ilgili yaptıkları çalışmada Ketac N 100'ün florid salınım ve geri alımının RMCİS'lere benzerlik gösterdiği ancak pH düştükçe yüzey özelliklerinin bozulduğunu bildirmektedirler.

2.4. Giomerler

Giomerdeki temel yapı önceden reaksiyona girmiş cam iyonomer teknolojisidir⁴⁻²⁰. Bu teknolojiye dayanılarak üretilen giomerler PRG doldurucuları içeren ve florid salınımı yapan rezin esaslı restoratif materyallerdir. Giomerlerde fluoroalümina silikat cam, cam iyonomer matriks yapısını oluşturabilmek için poliasit ile önceden reaksiyona girmekte ve sonra rezin ile karışmaktadır. Asit-baz reaksiyonu bu materyalde rezin ile birleşme öncesinde gerçekleşmektedir. PRG doldurucuların kullanımı, önceden reaksiyona girmiş hidrojel içerisinde iyon değişimi ile hızlı florid salınımının gerçekleşmesini sağlamaktadır. Bu durum giomeri florid salınımı yapan rezin esaslı restoratif materyallerden farklı kılmaktadır¹⁵.

Restoratif materyallerden florid salınımı üzerine yapılan önceki çalışmalar çoğunlukla florid açığa çıkartan polimerler ya da cam iyonomerler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, Wilson ve Kent'in CİS'ler üzerinde yaptıkları bir çalışmada florid salınımın, matrikste bulunan iyon filtreleyen fluoroalüminosilikat cam ile polialkenoik asit arasındaki asit-baz reaksiyonu yolu ile gerçekleştiği gösterilmiştir. Bu nedenle restoratif materyallere floridin ilave edilmesi materyalin doldurucu veya matriks bileşeni üzerinden yapılabilmektedir. Sonuç olarak değişen derecelerde florid salınım ve geri alım özelliği sergileyen

RMCİS'ler, kompomerler ve florid salınımı yapan kompozit rezinler gibi rezin bazlı restoratif materyaller içerisinde iyon filtreleyen cam doldurucular katılmaktadır^{8,15}. Bu geleneksel girişimlerin aksine, Roberts ve ark.⁶⁴ CİS'in florid salınım mekanizmasının asit-baz reaksiyonu fazından köken aldığını öne sürmüştü ve devrimsel bir PRG doldurucu teknolojisini geliştirmiştir. PRG doldurucular, su varlığında florid içeren cam ile poliakrilik asit arasında gerçekleşen asit-baz reaksiyonunun oluşturduğu ıslak silikalı bir hidrojel ile elde edilmektedir. Dondurma-kurutma işleminden sonra, nemden uzaklaştırılmış kserojel öğütülerek silanize edilip, özel ebatlarda PRG doldurucular oluşturulmaktadır. PRG doldurucuların kullanımı, önceden reaksiyona girmiş hidrojel içerisinde iyon değişimi ile hızlı florid salınımının gerçekleşmesini sağlamaktadır¹⁵.

Rezin bazlı restoratif materyaller geleneksel CİS'lerden floridin kullanılabilirlik ve erişebilirliği açısından farklıdır. Rezin bazlı restoratif materyallerde polimerize resin matriksten iyonların salınımı yalnızca su varlığında gerçekleşmektedir. Florid salınımı, suyun emilim oranı ve polimer zincirlerinin polimerize resin matriksdeki resin fazı içerisinde oluşturduğu hareketliliğe bağlıdır. Ancak asit-baz reaksiyonu ile oluşan PRG doldurucuların, önceden reaksiyona girmiş hidrojel içerisinde yer alan florid iyonları ile bu iyonlara karşılık gelen katyonlar arasındaki iyon değişimi yoluyla devamlı olarak florid açığa çıkarttığı öne sürülmektedir. Bununla birlikte diğer resin içerikli restoratif materyallere benzer şekilde, PRG doldurucularına floridin yeniden yüklenmesi, dışarıdan devamlı bir florid kaynağına maruz kalmadıkça geçici olacaktır. Ortamda florid salınımı devam ettiği sürece PRG doldurucuların floridi geri alım özelliklerinin bulunduğu belirtilmektedir^{4,7,8,15-18,20}.

Cam iyonomer içerikli restoratif materyallerin hidrojel matriksi, florid salınımı ve alımının anahtar faktörü olduğundan giomerlerin bu kapasitelerinin diğer rezin içerikli materyallere göre daha yüksek olduğu belirtilmektedir^{7,8,10}. Itota ve ark.⁸ yaptıkları çalışmada floridli cam doldurucu içeren rezin esaslı materyallerin florid salınım ve geri alım kapasitelerini değerlendirmişler; materyalin cam iyonomer matriksinin, florid salınım ve geri alım özelliklerini ne derece etkilediğini ortaya koymayı amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda giomerin; toplam ve başlangıç florid salınımının yanı sıra florid geri alım özelliğinin de kompomer ve kompozit rezinlerden daha üstün olduğunu bildirmişlerdir.

Giomerlerin kompomer olarak sınıflandırılmamasının temel nedeni olarak asit-baz reaksiyonunun önceden meydana gelmesi gösterilmektedir. Giomerlerde, cam doldurucular ile rezinin birleşmesi öncesinde daha geniş bir asit-baz reaksiyonu gerçekleştiğinden giomerlerin hidrojel tabakasının kompomerlerden daha kalın olduğu bildirilmektedir^{4-7,10}. Itota ve ark.⁸ cam iyonomer matriksteki cam doldurucu miktarının florid salınım ve geri alım özelliğinde önemli rol oynadığını bildirmektedirler.

Giomerlerin florid salınım mekanizması geleneksel CİS ile aynıdır. Bunun nedeni CİS'te florid salınım mekanizmasından sorumlu olan cam iyonomer fazının giomerlerde de bulunmasıdır^{5,7,8,12}. Okuyama ve ark.⁷ günlük topikal florid uygulaması öncesi ve sonrasında geleneksel CİS, RMCİS, iki farklı giomer, florid içeren ve içermeyen kompozit rezinlerden salınan florid miktarlarını karşılaştırmışlardır. Topikal florid uygulamasının ardından ilk günde geleneksel CİS ile giomer arasında florid salınımı açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ancak takip eden günlerde CİS'in diğer materyallere göre florid salınımı açısından

anlamli üstünlük sağladığı bildirilmektedir. Sonuç olarak en iyi florid salınımının geleneksel CİS'te olduğu, giomerlerin de bunu takip ettiği bulgulanmıştır.

Giomer Tipleri

PRG teknoloğisi ;

1- F-PRG Teknoloğisi: Tam reaksiyona girmiş cam iyonmer (Fully Reacted Glass Ionomer) Reactmer olarak bilinmektedir.

2- S-PRG Teknoloğisi: Yüzey reaksiyonuna girmiş cam iyonmer (Surface Reacted Glass Ionomer) Beautifil olarak bilinmektedir^{4,6,7,10}.

Son yıllarda florid salınımı yapan all-in-one rezin bonding sistemi olan 'Reactmer Bond' ve florid salınımı yapan rezin materyal 'Reactmer Paste' piyasaya sürülmüştür. Bu yeni bonding sistemi, işlem basamaklarının azalmasını sağlamış, yeni rezin materyali ise CİS'lerin florid salınımı ve biyoyumluluk gibi avantajları ile ışıkla sertleşen kompozit rezinlerin kolay uygulanması özelliğini bir araya getirmiřtir⁴. Reactmer'ın tek tüpte 'Reactmer Bond' ile kullanımı önerilirken Beautifil; 'İmperva Fluoro Bond (FL-Bond)' ile kullanımı önerilmektedir⁷.

Giomerler klinik dayanıklılığı, kolay manüple edilmesi, yüzey pürüzlülüğünün az olması ile polisaj yapılabilmesi, biyoyumluluğu ve estetik özelliğiyle birlikte CİS'in florid salınımı ve geri alım özelliklerine de sahiptir^{13,14}. Üretici firmanın iddiasına göre giomerler; kompozit rezin,

kompomer ve CİS'in avantajlarının kombinasyonu olan bir restoratif materyaldir. Kompomere benzer şekilde ışıkla polimerize olmakta ve diş yüzeyine bağlanmak için bonding sistemler kullanılmaktadır. Giomerlerin uzun dönem florid salınımı tartışmalı olmakla beraber çalışmalar cam iyonomere benzer şekilde olduğunu göstermektedir. Ayrıca giomerlerin diğer rezin materyallere göre iyi bir renk uyumuna sahip olduğu ve mikrosızıntıda da azalmaya neden olduğu savunulmaktadır¹³.

Giomerlerin deminerilizasyonu önlemesi, kimyasal pulpa iritasyonu yapmaması ve mekanik özellikleri nedeniyle kullanımları önerilmektedir. Ayrıca giomerlerin florid geri alım özelliği ile çürük önleyici etkisi olduğu düşünülmektedir⁷.

Giomerlerin servikal erozyon, Sınıf I,II, III, IV, V kaviteler, hassasiyet olan restorasyonlar, kök çürükleri ve süt dişlerinin restorasyonlarında kullanımları önerilmektedir^{5,10,11,13,14}.

Yap ve ark.¹⁸ giomerlerin 28 günlük florid salınım miktarını geleneksel ve RMCİS'ler ve kompomerler ile karşılaştırdıkları çalışmalarında; ilk gün salınımın en yüksek CİS'lerde olduğunu, takip eden 7. günde ise giomerin florid salınımının diğer materyallerden anlamlı derecede daha fazla olduğunu bulgulamışlardır. Ancak takip eden 28. günde giomerde anlamlı bir düşüş olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak giomerin uzun dönem florid salınımını belirlemek için daha çok çalışmaya ihtiyaç olduğu bildirilmektedir.

Wilson ve ark.⁶⁵ Sınıf I ve Sınıf II restorasyonlarda Beautifil giomeri kullanarak yaptıkları 3 yıllık takipli çalışmalarının sonuçlarına göre başarı oranları renk uyumu %98, oklüzal marjinal adaptasyon %87, anatomik form %99, yüzey pürüzlülüğü %100, marjinal renklenme %99, hassasiyet %100, sekonder çürük %100 ve restorasyonun yüzey parlaklığını %100 olarak bulgulamış ve bazı küçük değişimler olsa da oranların %90'ın üzerinde olduğunu belirtmişlerdir.

Matis ve ark.¹³ yaptıkları 3 yıllık klinik çalışmada Sınıf V lezyonlarda uyguladıkları giomer ve mikro dolduruculu kompozit rezinleri; retansiyon, anatomik form, çürük, renklenme, marjinal adaptasyon, yüzey pürüzlülüğü ve hassasiyet açısından karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda bakılan kriterlere göre iki materyal arasında anlamlı bir farklılık olmadığını bulgulamışlardır.

Mohamed-Tahir ve Yap'ın⁹ cam iyonomer içerikli restoratif materyallerde pH'ın yüzey özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında; pH etkinliğinin materyal yapısına bağlı olduğu, giomer ve kompomerin düşük pH'dan etkilendiğini gözlemlemişlerdir.

Gonzalez ve ark.¹¹ geleneksel CİS, RMCİS, giomer, kompomer ve kompozit rezin materyallerinin çürük önleme etkinliğini karşılaştırdıkları çalışmanın sonucunda; bütün materyallerin çürük önleme etkilerinin dentinde minedekine göre daha fazla olduğunu, geleneksel CİS ve giomerin benzer etkinlik gösterdiğini ve bu iki materyalin kompomer ile kompozit rezinden daha yüksek etkinliğe sahip olduklarını bildirmektedirler.

Sonoda ve ark.⁴ fluorid salınımı yapan restoratif materyallerin pulpa cevabı ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında; giomerlerin RMCİS ve geleneksel CİS'e göre yüzey özelliklerinin daha iyi olduğu, pulpa cevabında ise giomerin minimal farklılıklar gösterdiğini bulgulamışlardır. Sonuç olarak giomerlerin biyolojik açıdan vital pulpalı dişlerde başarılı olduğu ancak fluorid salınımı yapan restoratif materyallerin pulpa cevabını uzun dönemde etkileyebildiği, bunun için daha çok çalışmaya ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır.

Yap ve Mok¹⁴ estetik restoratif materyallerin yüzey özelliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, giomerlerin yüzey özelliklerini geleneksel CİS ve RMCİS'den anlamlı bir şekilde daha üstün olduğunu bulgulamışlardır. Kompomer ve kompozit rezinler ile karşılaştırıldığında ise kompomerden daha üstün, kompozit rezinden daha zayıf yüzey özellikleri gösterdiği bildirilmektedir.

Mohamed-Tahir ve ark.⁵ 'nın ağız içi pH değişikliklerinin rezin içerikli restoratif materyallerin yüzey sertliği üzerine etkilerini inceledikleri çalışmaları sonucunda; rezin içerikli materyallerin yüzey sertliğinin materyal yapısına bağlı olduğu, kompomer ve giomerin düşük pH'dan daha çok etkilendiği ancak özellikle pH'nın 6 ve 7 olduğu durumda giomerin başarılı olduğu ve tüm pH değerlerinde giomerin kompomere göre daha yüksek dayanıma sahip olduğu saptanmıştır.

Sunico ve ark.¹⁰ servikal ve oklüzalde yaptıkları iki farklı tip giomer restorasyonlar ile ilgili çalışmada 2 yıl sonunda servikal Beautifil restorasyonları %80, servikal Reactmer restorasyonları %71, oklüzal

Beautiful restorasyonları %100 ve oklüzal Reactmer restorasyonları %89 başarılı bulduklarını bildirmişlerdir.

Yap ve Mok²⁰ rezin içerikli restoratif materyallerde topikal florid uygulamalarının yüzey sertliği üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada kompomer, kompozit rezin ve giomeri karşılaştırmışlardır. Çalışma sonunda yüzey sertliğinin materyale bağlı olduğunu ve özellikle kompomere topikal florid uygulandığında yüzey sertliğinde anlamlı bir azalma olduğunu, kompozit rezinin giomere göre yüzey sertliğinin daha yüksek olduğu ancak aralarında anlamlı bir fark olmadığını belirtmişlerdir.

Deliperi ve ark.¹² %33 lük hidrojen peroksit uygulanması sonrası total-etch ve self-etch adeziv sistemleri kullanarak yaptıkları giomer restorasyonların mikrosızıntı sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Self-etching adeziv uygulanan gruptaki mikrosızıntının; pürüzlendirme uygulanmayan kontrol grubuna ve total-etching uygulanan adeziv grubuna göre anlamlı derecede daha yüksek olduğunu bulgulamışlardır.

Chitnis ve ark.⁶⁶ giomer, kompomer, RMCİS ve kompozit rezin kullanılarak yapıştırdıkları ortodontik braketlerin bağlanma kuvvetlerini karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak en yüksek bağlanma kuvveti değerleri kompozit rezin ve RMCİS'de saptanırken diğer restoratif materyaller arasında anlamlı bir fark olmadığı bildirilmektedir.

Yap ve ark.¹⁸ giomer, kompomer, geleneksel CİS ve RMCİS'in kısa dönem florid salınımlarını değerlendirdikleri *in vitro* çalışmalarında; kompomer dışında 1. günde tüm materyallerden salınan

fluoridin diğ er zaman aralıklarına göre anlamlı derecede daha yüksek olduğunu belirtmektedirler.

Mohammed-Tahir ve ark.¹⁹ pH değ iş ikliklerinin kompozit rezin, kompomer ve giomerin mikrosertliğ i üzerine etkisini değ erlendirdikleri ç alış malarında kompomer ve giomerin kompozit rezine göre düşük pH'lı asitlerden daha fazla etkilendiğ ini vurgulamaktadırlar.

2.5. Fluorid Salınım ve Geri Alım Testleri

Materyallerin fluorid salınım fonksiyonu ç ürük önleyici etkisi nedeni ile biyolojik olarak önem taşımaktadır. Ayrıca fluorid, glukosiltransferaz tarafından ağı z bakterileri metabolizması yoluyla üretilen glukan enzimini de azaltmaktadır. Fluorid yakınındaki diş dokusu tarafından iyon değ iş imi yoluyla alınmaktadır. F⁻ iyonu, hidroksiapatit (HAP) yapısındaki OH⁻ iyonu ile yer değ iş tirerek fluoroapatiti (FAP) oluş turmaktadır. ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2 + 2F^- \rightarrow Ca_{10}(PO_4)_6F_2 + 2OH^-$) Bu yolla dentin yapısı sertleş mekte ve ç ürük oluş umunu önlenmektedir. Birç ok *in vitro* ç alış ma, fluorid salınımı yapan materyaller ile yapılan restorasyonların etrafında yeniden ç ürük oluş umunun sıklığ ı ve ř iddetinde azalma olduğ unu ortaya koymaktadır. Ayrıca güncel ç alış malar, dü z yüzey lezyonlarının önlenmesinde ve dekalsifiye dentinin remineralizasyonunun arttırılmasında fluorid salınımı yapan adezivlerin etkili olduğ unu göstermiş tir. Baş ka bir deyiş le, fluorid salınımı yapan adezivler dekalsifiye dentini remineralize etme potansiyeline sahiptir. Ayrıca, fluorid salınım kapasitesine sahip materyallerin restorasyonlara komş u minenin mikrosertliğ ini arttırması da mümkündür¹⁵.

Restoratif materyallerden florid salınımını etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar:

- 1- Materyal içeriği ve doldurucu oranı
- 2- Toz-likit oranı
- 3- Sertleşme reaksiyonunun tipi ve süresi
- 4- Karıştırma süresi ve metodu
- 5- Materyalin içerdiği florun kimyasal formu
- 6- Materyalin yüzey enerjisi ve porözitesi
- 7- Saklama koşulları
- 8- Ortamın pH'sı
- 9- Bitirme işlemleri
- 10- Materyalin yüzey alanıdır⁶⁷⁻⁶⁹.

Uzun yıllar florid miktarı tayininde spektrofotometri, titrimetri ve kromatografi gibi zor ve zahmetli yöntemler kullanılmıştır. Ancak 1966 yılında M.S Frant ve J.V.Ross florid iyonu seçici elektrotu geliştirerek florid analizinde yeni bir bakış açısı geliştirmişlerdir^{8,70-72}.

in vitro ölçüm yöntemleri şu şekildedir:

- 1- Spektrofotometrik yöntemler
- 2- Gaz ve sıvı iyon kromatografi yöntemleri,
- 3- Alüminyum monoflorür absorpsiyon spektrometresi,
- 4- İkincil iyon kütle spektrometresi,
- 5- Proton akımı X ışını emisyonu,
- 6- Elektron probe mikroanalizi,
- 7- X ışını akım fotoelektron spektroskopisi
- 8- F⁻ iyon seçici elektrot yöntemi⁷³

2.5.1. Fluorid İyon Seçici Elektrot Yöntemi

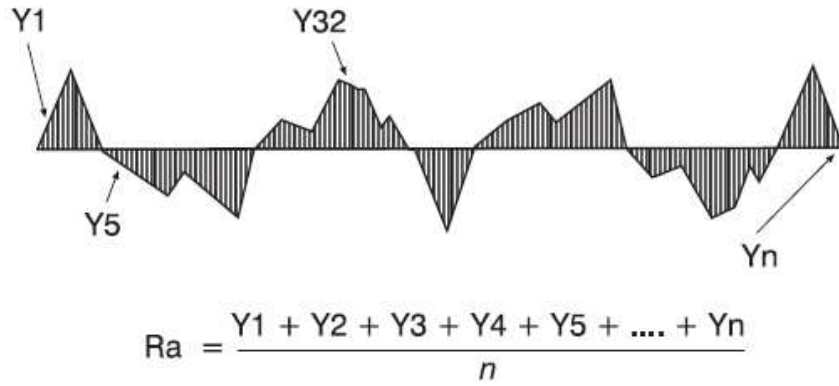
Tek bir iyonun aktivitesine karşı duyarlı olan elektrotlara iyon seçici elektrotlar denir. Elektrotların geçirgenliği membran dediğimiz bir zar tarafından sağlanmaktadır. Membran, iki sıvı fazı birbirinden ayıran ve fazlardaki bileşenlerden birini içerisinden geçiren ince bir tabaka olarak ifade edilmektedir. Membranın aktifliği tayin edilecek iyon için geçirgen olması, diğer iyonlar için geçirgen olmaması gerekmektedir. Bu konudaki diş hekimliği çalışmaları daha çok florid iyonunun tespiti amacıyla yapılmaktadır. *In vitro* çalışmalarda materyallerden salınan floridin belirlenmesi için sıklıkla florid iyon seçici elektrot yöntemi kullanılmaktadır. Florid iyon seçici elektrot yöntemi; kullanım kolaylığı, hassas ölçümler yaparak daha doğru sonuçlar vermesi ve tekrarlanabilmesi nedeni ile tercih edilmektedir^{7,8,18,70-72}.

Bu tez çalışmasında kullanılan tüm materyaller florid içeriklidir ve ağız içerisinde belli bir süre florid salınımı yapmaktadırlar. Ancak belli süre sonra bu özellikleri azalmakta, etkisiz miktarlara inmektedir; bu durumda ağız içine topikal florid uygulaması yapıldığında yapısına florid iyonlarını geri alım özellikleri vardır. Bu nedenle yürütülen bu çalışmada materyallerin 1., 2., 7., 14., 21., 28. günlerde florid salınım miktarları ve 14 gün boyunca topikal florid uygulanarak 42 ve 49. günlerdeki salınım miktarları değerlendirilerek materyallerin florid geri alım kapasiteleri saptanmaya çalışılacaktır.

2.6. Yüzey Pürüzlülüğü Testleri

Materyallerin yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde bir kaç metod kullanılmaktadır. Bu metodlar elektriksel cihazlar, ışık

interferans mikroskopları, yüzey kopyalama, kadranlı derinlik cihazı ve profilometre cihazıdır. En çok kullanılan yöntem profilometre cihazı kullanılarak, yüzey üzerinde bir çizgi boyunca oluşan profil dalgalanmalarının ölçülmesidir. Bu cihaz, yüzey pürüzlülüğü ile ilgili değerleri rakamsal olarak verebilmektedir. Bu değerlerden Ra; belirli bir ölçüm mesafesinde tüm yüzey düzensizliklerinin (yükseklik ve derinliklerinin) mutlak toplamlarının aritmetik ortalamasını, Rmax; belirli mesafedeki en yüksek ve en derin noktalar arası mesafeyi, Rz ise; bu mesafedeki birbirini izleyen 5 maksimum yükseklik ve derinliğin ortalamasını ifade etmektedir. Yüzey pürüzlülüğü çoğunlukla aritmetik ortalama pürüzlülük (Ra) olarak ifade edilmektedir (Şekil 1). Pürüzlülük ölçümlerinden elde edilen sonuçların materyalin yapısı, yumuşaklığı, boşlukların mevcudiyeti, cihazın şekli ve özellikle yüzey işaretleyicisinin şekli, seçilen pürüzlülük parametresi gibi birçok faktöre bağlı olduğu bildirilmiştir⁷⁸⁻⁸³.



Şekil 1: Ra parametresi diyagramı

Bu tez çalışmasında kullanılan materyallerin ağız ortamındaki asidik değişiklikler nedeni ile pH 2, 3, 4, 5, 6, 7'deki yüzey pürüzlülükleri değerlendirilecektir.

2.7. Bağlanma Kuvveti Testleri

Bağlanma kuvveti testleri bir restoratif materyalin mine ve/veya dentin ile bağlanabilme kabiliyetini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla gerçekleştirilen testler arasında gerilme ve makaslama kuvveti ölçümleri sayılmaktadır. Bu testlerle elde edilen sonuçlar özellikle mine ve dentin gibi doğal yapılar için birbirinden farklı olabilmektedir. Bağlanma kuvveti değerlerindeki varyasyonlar kısmen test ekipmanındaki hatalardan, kısmen de bu doğal yapılardaki varyasyonlardan kaynaklanmaktadır. Örneğin, dentine bağlanma kuvveti dişin tipi, hastanın yaşı, dentinin derinliği, çekimden sonraki saklama süresi, saklama ortamının tipi ve bunun gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bu varyasyonların iki yolla üstesinden gelinebilmesi için öncelikle değişkenlerin test grupları arasındaki dağılımını kontrol etmek ya da dengesiz bir dağılımı engellemek için büyük sayıda test örneği kullanmak koşuluyla dişleri rastgele dağıtmak gerekmektedir. International Standards Organization (ISO), diş yapısına adezyonun test edilmesiyle ilgili teknik raporunda bu problemlere değinmiştir (ISO TR 11405). Bu raporda testlerde kullanılacak dişlerin özellikleri, saklama metodu, bağlanmayı oluşturma ve test etme metodu ile ilgili tavsiyelerde bulunulmuştur. Bu rehberler takip edilse dahi %50 varyasyon katsayısı ile karşılaşılabilmekte ve bu durum bu sistemlerin bazılarının güvenilirliği ile ilgili kaygılar oluşmasına yol açmaktadır. Bu testlerin sonuçları, beklenmedik derecede düşük bağlanma kuvveti değerlerinin elde edilmesinin her zaman muhtemel olduğunu ortaya koymaktadır. Bu örnekler klinik pratiğine uyarlandığında klinikte gözlenen bazı başarısızlıklardan sorumlu tutulabilmektedir.

Bağlanma kuvveti değerine ilave olarak bağlanma başarısızlığı modu da sorgulanmakta ve bu genellikle daha önemli bir

parametre olarak görülmektedir. Başarısızlık modu adeziv (adeziv/doğal yapı ara yüzünde oluşan), koheziv (tamamen doğal yapı ya da adeziv içerisinde oluşan) ya da karışık (kısmen ara yüzde ve kısmen koheziv) olarak sınıflandırmaktadır. Bağlanma kuvveti değeri başarısızlık modu belirtilmediği takdirde neredeyse anlamsız olarak kabul edilmektedir⁸⁴.

2.7.1. Mikro Gerilme Testi

1994 yılında Sano ve ark⁸⁵. tarafından oluşturulan mikro gerilme testi geleneksel gerilme testinin bir modifikasyonudur. Bu yöntemle 1 mm² den daha küçük alana sahip örnekler incelenebilmektedir. Bu test geleneksel makaslama ve gerilme testlerine oranla daha güvenilirdir ve yüksek sonuçlar elde edilebilmektedir⁸⁵⁻⁸⁸.

Bu yöntemin avantajları:

- 1- Bir dişte çok sayıda örneğin hazırlanabilmesi
- 2- Bağlanma yüzey alanı 1mm² e olan küçük örneklerin test edilebilmesi
- 3- Düzensiz yüzeylerde de bağlanma testinin yapılabilmesi
- 4- Örnek boyutlarının küçük olduğundan SEM (taramalı elektron mikroskopu-scanning elektron mikroskopy) ile incelenebilmesi
- 5- Dişin farklı bölgelerindeki bağlanma yüzeyinin incelenebilmesi
- 6- Test sırasında bağlanma ara yüzeyinde daha homojen bir stres dağılımının oluşması
- 7- Bir dişin kendi içinde ve diğer dişlerle karşılaştırılabilme imkanı sağlamasıdır⁸⁵⁻⁸⁹.

Mikro gerilme testleri sağladığı bu avantajlarla günümüzde sık tercih edilen bir yöntem olmaktadır^{86,88,89}.

Bu tez çalışmasında mikro gerilme test yöntemi kullanılarak materyallerin süt dişi dentinine bağlanma kuvvetlerinin belirlenmesi bunun yanı sıra materyallerin bağlanma başarısızlıkları saptanmaya çalışılacaktır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu araştırmada 5 farklı tipte cam iyonomer içerikli restoratif materyal kullanıldı. Bu materyaller; geleneksel cam iyonomer siman (Fuji İonomer Type II, GC Corporation, Tokyo, Japan)(Resim 1), rezin modifiye cam iyonomer siman (Fuji İonomer Type II LC, GC Corporation, Tokyo, Japan)(Resim 2), nano dolduruculu rezin modifiye cam iyonomer siman (Ketac Nano-N100, 3M ESPE, St Paul, USA)(Resim 3), pre-reacted glass-ionomer/giomer (Beautifil, Shofu Inc., Kyoto, Japan)(Resim 4) ve poliasit modifiye kompozit rezin/kompomer (Dyract Extra, Dentsply De Trey, GmbH, Germany)(Resim 5)'dir. Materyal içerikleri Tablo 1'de gösterilmektedir.

Araştırma, materyallerin florid salınım ve geri alım kapasitelerini karşılaştırmak, değişik pH seviyelerinin cam iyonomer içerikli restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğüne etkisini değerlendirmek ve mikro gerilme test yöntemi uygulayarak bağlanma kuvvetlerini belirlemek amacı ile *in vitro* koşullarda yürütüldü.

Tablo 1: Çalışmada kullanılan restoratif materyaller ve içerikleri

| MATERYAL | İÇERİK |
|-----------------------------------|--|
| FUJI II | Aluminosilikat cam, metal oksit, metal florid, metal fosfat, Poliakrilik asit ve su |
| FUJI II LC | Fluoroalimino-silikat cam, Polialkenoik asit, HEMA, aluminyum klorid, kamforokinon ve su |
| KETAC N100 | Floroalüminosilikat cam, iki farklı tip nano doldurucu (nanodoldurucu ve nanofiller), HEMA, PEGDMA, BİS-GMA, TEGDMA, polialkenoik asit ve su |
| Ketac N100 Nano Primer | HEMA, su, polialkenoik asit, fotobaşlatıcı |
| BEAUTIFIL | S-PRG doldurucu, fluoroboroaliminosilikat cam, BİS-GMA, TEGDMA, katalizör |
| Fluorobond II (FL-Bond II) | Primer: Su, etanol, karboksilik asit, fosforik asit, başlatıcılar Bonding: Fluoroboroaliminosilikat cam içeren S-PRG doldurucular, UDMA, TEGDMA, 2-HEMA, başlatıcılar |
| DYRACT EXTRA | Sr, Al, N, Fluorosilikat cam, stronsiyum florid, BİS-GMA, UDMA, TEGDMA, Trimetilolpropan trimetakrilat (TMPTMA), TCB, dimetilamino benzoik asit etil ester, kamforokinon |
| Prime&Bond NT | Dipentaeritrol pentakrilat monofosfat, UDMA, T-rezin, D-rezin, Rezin-R5-62-1, nanodoldurucular, fotobaşlatıcılar, stabilizatör, aseton, setilamine hidroflorid |

3.1. Test Materyalleri



Resim 1: Geleneksel cam iyonomer siman-Fuji II



Resim 2: Rezin modifiye cam iyonomer siman-Fuji II LC



Resim 3: Nano doldurucu rezin modifiye cam iyonomer siman-Ketac N100



Resim 4: Önceden reaksiyona girmiş cam iyonomer/giomer-Beautiful



Resim 5: Poliasit modifiye kompozit rezin/kompomer-Dyract Extra

3.2. Fluorid Salınım ve Geri Alım Testi

Çalışmada kullanılan materyallerin florid salınım ve geri alım kapasitelerini değerlendirmek amacı ile materyaller 9 mm çapında ve 3 mm yüksekliğinde metal kalıplara yerleştirilerek her materyalden 8 adet olacak şekilde silindirik test örnekleri elde edildi. Test örnekleri üretici firmaların tavsiyelerine uyularak aşağıdaki şekilde hazırlandı.

Fuji II Grubu: Fuji II materyali amalgamatörde 10 saniye karıştırılarak silindirik metal kalıplara yerleştirildi.

Fuji II LC Grubu: Fuji II LC materyali amalgamatörde 10 saniye karıştırılarak hazırlandı. Kalıba yerleştirilen materyal görünür ışık kaynağı LED LCU (Elipar Freelight, 3M ESPE, Germany) ile örneklerin alt ve üst tarafları ayrı ayrı 20 saniye süreyle polimerize edildi.

Ketac N100 Grubu: Ketac N100 materyali 20 saniye elle karıştırılarak hazırlandı ve görünür ışık kaynağı LED LCU ile örneklerin alt ve üst tarafları ayrı ayrı 20 saniye polimerize edildi.

Beautifil Grubu: Silindirik kalıba yerleştirilen Beautifil materyali görünür ışık kaynağı LED LCU ile örneklerin alt ve üst tarafları ayrı ayrı 30 saniye polimerize edildi.

Dyract Extra Grubu: Silindirik kalıba yerleştirilen Dyract Extra materyali görünür ışık kaynağı LED LCU ile örneklerin alt ve üst tarafları ayrı ayrı 30 saniye polimerize edildi.

Tüm materyallerin yüzeyleri polimerizasyon sırasında asetat bantlarla kapatıldı. Ayrıca polimerizasyon sırasında kalıbın alt ve üst kısmına yerleştirilen siman camı ile basınç uygulanarak hava kabarcıklarının oluşması engellendi.

Gruplardaki tüm örnekler %100 nemli ortamda 37°C'deki inkübatörde 1 saat süreyle bekletilmesinin ardından 8 ml distile deiyonize su içeren plastik kaplara tek tek yerleştirilerek çalkalanmadan 37°C'de 24 saat inkübe edildi. 1.gün ölçümleri örnekler kaplardan uzaklaştırılıp 2 ml distile deiyonize su ile yıkandıktan sonra yapıldı. Daha sonra örnekler yeniden 8 ml distile deiyonize su içerisinde saklandı. Saklama için ilk kullanılan 8 ml ile yıkama için kullanılan 2 ml distile deiyonize su toplanarak florid konsantrasyonunun belirlenmesi için analiz edildi. Bu prosedür 2, 7, 14, 21 ve 28. günlerde tekrarlandı. Toplam 10 ml'lik her solüsyonun 3 ml'si alınarak florid konsantrasyonu belirlendi.

28 günlük periyodun ardından, örnekler 2 ml distile deiyonize su ile yıkanarak örneklere oda sıcaklığında 5 dakika süreyle %0,221'lik NaF (1.000 ppm F) uygulandı. Fluorid uygulandıktan sonra örnekler yıkanarak tekrar 8 ml distile deiyonize suya atıldı. Bu prosedürler devamlı olarak 14 gün boyunca tekrarlandı (28. günden 41. güne kadar). Bu işlem sonrası 42. günde analiz yapıldı. 14 günlük florid uygulamasının ardından örnekler 7 gün süreyle 8 ml distile deiyonize suda saklandı ve her gün 2 ml distile deiyonize su ile yıkandı.

Fluorid ölçümleri, 3 ml saklama solüsyonu 0,3 ml TISAB III tamponlama solüsyonu ile karıştırılarak florid konsantrasyonu (ppm), iyon analiz cihazına (pH/ISE meter, model 710A) bağlı iyon-spesifik elektrot (96-09BN)(Resim 6) kullanılarak Gazi Üniversitesi Eczacılık Fakültesinde analiz edildi. Çeşitli materyallerden salınan florid miktarı $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ cinsinden ölçüldü. Sonuçlar Kruskal Wallis ve Mann-Whitney U-testi kullanılarak istatistiksel yönden değerlendirildi.



Resim 6: İyon analiz cihazına (pH/ISE meter, model 710A) bağlı iyon seçici elektrot (96-09BN)

3.3. Yüzey Pürüzlülüğü Testi

Araştırmanın yüzey pürüzlülüğü bölümünde aynı materyaller kullanılarak dikdörtgenler prizması biçimindeki 3x3x2 mm'lik metal kalıplara yerleştirildi ve üzerleri asetat bantlarla kapatıldı. Asetat bantların üzerine siman camı ile basınç uygulanarak fazla materyal uzaklaştırıldıktan sonra materyaller üretici firmanın tavsiyesine göre yukarıda anlatıldığı şekilde polimerize edildi. Polimerizasyon işleminden sonra asetat bantlar uzaklaştırılarak örnekler distile deiyonize su içerisinde 37°C'de 2 hafta süreyle saklandı. Her bir materyalden elde edilen 42'şer örnek rastgele, 7 örnekten oluşan 6 gruba ayrıldı. Örnekler gruplara göre değişen pH seviyesindeki (pH 2, 3, 4, 5 ve 6) sitrik asit solüsyonunda 37°C'de 1 hafta süreyle saklandı. Sitrik asit solüsyonlarının pH seviyesi distile su ilave edilerek ayarlandı. pH 7 grubu için ise distile su kullanıldı. Solüsyonların pH seviyesi pH metre (MP 220; Metler-Toledo GmbH, CH-8603 Schwerzenbach, Germany) kullanılarak ölçüldü. 1 haftalık saklama periyodunun ardından örnekler su ile hafifçe yıkanarak emici kağıt ile kurutuldu. Ardından yüzey pürüzlülüğü, uç çapı 5 µm olan bir profilometre cihazı (Surftest; Mitutoyo Corp, Tokyo, Japan) kullanılarak Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesinde belirlendi. Her bir örneğe ait Ra değerleri örneğin merkezi boyunca 0,25 mm x 5 standart uzunluğu üzerinden ölçüldü. Farklı pH seviyelerinin materyallerin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin karşılaştırılması için tek yönlü ANOVA ve Scheffe's post-hoc testleri kullanıldı.

3.4 Mikro Gerilme Testi

Araştırmanın mikro gerilme bölümü için rezorpsiyon nedeni ile son 1 ay içerisinde çekilen 25 adet çürüksüz insan süt molar dişi çalışmaya dâhil edildi. Çekimi yapılan dişler %10 formalin solüsyonunda bekletildi. Yukarıda bahsedilen materyallerin kullanılacağı 5'er dişten oluşan 5 çalışma grubu rastgele oluşturuldu. Dişlerin oklüzal yüzeylerinde düşük devirde dönen elmas frezler kullanılarak yüzeyel dentine ulaşıldı ve 1 mm separasyon yapılarak orta dentin açığa çıkarıldı. Bu yüzeyler su soğutması altında 600-800-1200 gritlik zımparalar ile düzleştirilerek homojen yüzeyler elde edildi. Dentin yüzeyeri su spreyi ile temizlendikten sonra başıncılı hava ve pamuk peletlerle kurutuldu. Daha sonra materyaller dentin yüzeylerine aşağıdaki gibi yerleştirildi.

Fuji II Grubu: 10 saniye amalgamatörde karıştırılan Fuji II materyali, plastik kalıp yardımıyla 3 mm yüksekliğinde yerleştirilerek polimerizasyonu beklendi.

Fuji II LC Grubu: Dentin yüzeylerine Prime&Bond NT uygulanarak 20 saniye görünür ışıkla polimerize edildi. Fuji II LC materyali amalgamatörde 10 saniye karıştırıldıktan sonra plastik kalıp yardımıyla 3 mm yüksekliğinde yerleştirilerek 20 saniye görünür ışıkla polimerize edildi.

Ketac N100 Grubu: Dentin yüzeylerine Ketac N100 Nano Primer uygulanarak 10 saniye görünür ışıkla polimerize edildi. Ketac N100 materyali elle karıştırılarak plastik kalıp yardımıyla 3 mm yüksekliğinde yerleştirilip 20 saniye görünür ışıkla polimerize edildi.

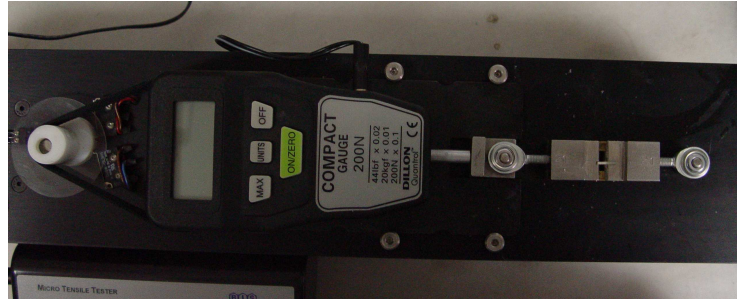
Beautiful Grubu: Dentin yüzeylerine FL-Bond II uygulanarak 10 saniye görünür ışıkla polimerize edildi. Beautiful materyali plastik kalıp yardımıyla 3 mm yüksekliğinde yerleştirilip 30 saniye görünür ışıkla polimerize edildi.

Dyract Extra Grubu: Dentin yüzeylerine Prime&Bond NT uygulanarak 20 saniye görünür ışıkla polimerize edildi. Dyract Extra materyali plastik kalıp yardımıyla 3 mm yüksekliğinde yerleştirilip 30 saniye görünür ışıkla polimerize edildi.

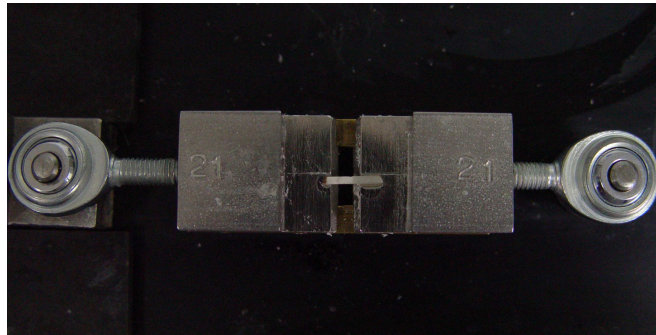
Tüm örnekler oda ısısında 24 saat distile suda saklandı. Kesme cihazı (Mecatome T201 Presi, France)(Resim 7) kullanılarak her diştten 5 mesio-distal, 5 bukkolingual olmak üzere 10 adet kesme işlemi gerçekleştirildi. Elde edilen 1mm² boyutunda ve dikdörtgenler prizması şeklindeki 10'ar örnekden 6'şar tanesi çalışmada kullanılmak üzere seçildi. 5 grubun her birinden 30 adet örnek elde edilerek toplam 150 örneğe; üzerinde dakikada 1mm kuvvet uygulanacak şekilde Universal test cihazı (Micro Tensile Tester T-61010K Bisco, US)(Resim 8,9) ile mikro gerilme test tekniği işlemi Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinde gerçekleştirildi. Elde edilen değerler megapascal (MPa) olarak kaydedildi. Örnekler stereomikroskop (Olympus SZ-PT, Japan) ile değerlendirilerek kopma tipleri adeziv Tip I, koheziv Tip II, karışık(mix) Tip III olarak belirlendi. Her gruptan farklı kopma tiplerinden 3'er örnek seçilerek Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığında altın/paladyum ile kaplandı ve SEM (Jeol JSM 6490LV, Japan) ile incelendi.



Resim 7: Kesme cihazı (Mecatome T201 Presi, France)



Resim 8: Universal test cihazı (Micro Tensile Tester T-61010K Bisco, US)



Resim 9: Bir örneğin test cihazına yerleştirilmiş görüntüsü

4. BULGULAR

4.1. Fluorid Salınım ve Geri Alım Testi

Çalışmada tüm materyallerin bütün test periyodlarında florid salınımı yapıtıı saptandı. Florid salınım değeri Tablo 2'de gösterilmektedir.

Başlangıç florid salınımı (1. gün) Fuji II grubunda en yüksek olduğu bunu sıra ile Fuji II LC, Ketac N100, Beautifil ve Dyract Extra gruplarının takip ettiği bulglandı (Tablo 2). 1. gün florid salınım değeri Fuji II'de tüm materyallere göre anlamlı derecede fazla olduğu bulglandı ($p<0.05$). Fuji II LC ve Ketac N100 gruplarının 1. gün florid salınım değeri Beautifil ve Dyract Extra gruplarından istatistiksel olarak anlamlı şekilde fazla olduğu bulglandı ($p<0.05$).

Çalışmanın 2. gün florid salınım değeri sıra ile Fuji II LC, Fuji II, Ketac N100, Beautifil ve Dyract Extra grupları olarak bulglandı (Tablo 2). Çalışmada 2. gün florid salınım değeri Fuji II LC, Fuji II ve Ketac N100 grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p>0.05$) ancak bu gruplarla Beautifil ve Dyract Extra grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu bulglandı ($p<0.05$). Beautifil ve Dyract Extra grupları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı saptandı ($p>0.05$).

Tüm gruplarda 1. günden 28. güne kadar tüm test periyodlarında florid salınımının düşüş gösterdiği belirlendi (Tablo 2). Çalışmanın 7.,14., 21. ve 28. günlerindeki florid salınım değeri Fuji II,

Fuji II LC ve Ketac N100 grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p>0.05$) ancak Beautifil ve Dyract Extra'dan istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulguları ($p<0.05$).

28. günden sonra uygulanan topikal florid uygulamasının ardından tüm materyallerin florid salınımlarında istatistiksel olarak anlamlı derecede artış görüldü ($p<0.05$)(Tablo 2). Topikal florid uygulaması sonrası 42. gündeki florid salınım değerleri sıra ile Fuji II LC, Fuji II, Beautifil, Ketac N100 ve Dyract Extra grupları olduğu belirlendi. Ayrıca Dyract Extra grubunun diğer materyallerden istatistiksel olarak anlamlı olarak düşük florid salınım değerleri gösterdiği bulguları ($p<0.05$).

49. gündeki florid salınım değerlerinde Fuji II, Fuji II LC, Ketac N100 ve Beautifil grupları arasında anlamlı farklılık görülmezken ($p>0.05$) Dyract Extra grubunda diğer gruplara göre anlamlı derecede düşük florid salınım değerleri gösterdiği bulguları ($p<0.05$).

Tablo 2: Tüm materyallerin günlere göre florid salınım değerlerinin (ppm) ortalaması

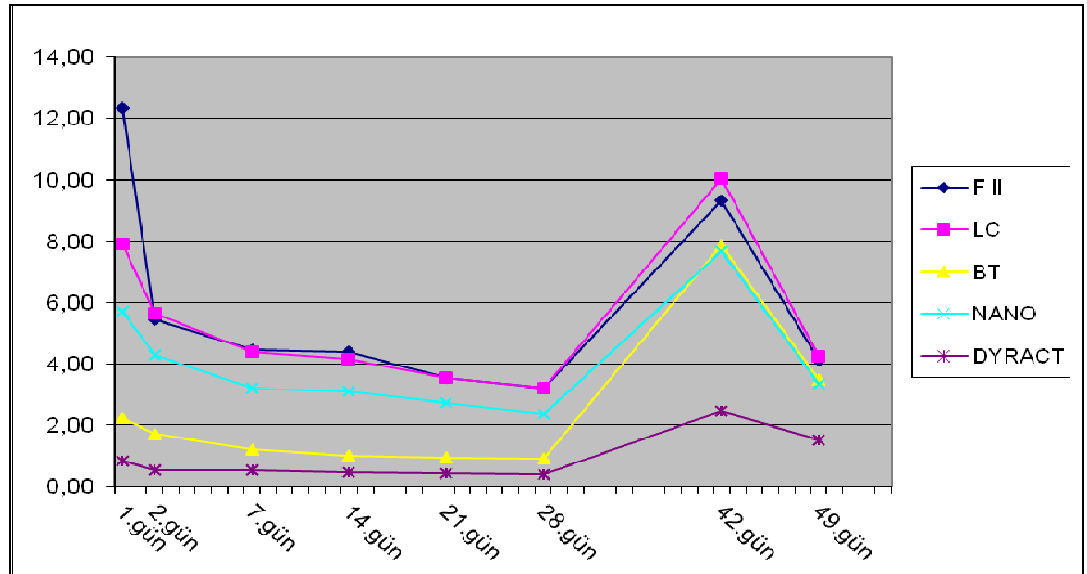
| | Fuji II | Fuji II LC | Ketac N100 | Beautifil | Dyract Extra |
|--------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1.gün | 12,33±1,23 ^{Aa} | 7,89±0,76 ^{Ba,c} | 5,7±0,98 ^{Ba,c} | 2,23±0,38 ^{Ca} | 0,85±0,06 ^{Ca} |
| 2.gün | 5,45±0,67 ^{Ab} | 5,63±0,71 ^{Aa,b} | 4,3±0,76 ^{Aa,b} | 1,73±0,06 ^{Ba,b} | 0,55±0,09 ^{Ba,b} |
| 7.gün | 4,44±0,45 ^{Ab} | 4,38±0,39 ^{Aa,b} | 3,2±0,46 ^{Aa,b} | 1,22±0,12 ^{Ba,b} | 0,51±0,07 ^{Ba,b} |
| 14.gün | 4,38±0,65 ^{Ab} | 4,16±0,30 ^{Aa,b} | 3,09±0,38 ^{Aa,b} | 0,99±0,05 ^{Bb} | 0,46±0,05 ^{Ba,b} |
| 21.gün | 3,55±0,32 ^{Ab} | 3,53±0,46 ^{Ab} | 2,72±0,19 ^{Ab} | 0,95±0,08 ^{Bb} | 0,42±0,05 ^{Ba,b} |
| 28.gün | 3,22±0,43 ^{Ab} | 3,19±0,15 ^{Ab} | 2,37±0,27 ^{Ab} | 0,92±0,05 ^{Bb} | 0,23±0,03 ^{Bb} |
| 42.gün | 9,32±0,89 ^{Aa} | 10,04±1,12 ^{Ac} | 7,68±1,14 ^{Ac} | 7,86±0,95 ^{Ac} | 2,46±0,13 ^{Bc} |
| 49.gün | 4,12±0,23 ^{Ab} | 4,24±0,65 ^{Aa,b} | 3,34±0,31 ^{Aa,b} | 3,47±0,17 ^{Aa} | 1,52±0,14 ^{Ba} |

İstatistiksel anlamlı farklılık $p<0.05$ olarak belirlenmiştir.

A,B ve C : Yatay sütunlardaki anlamlılığı ifade etmektedir.

a,b ve c : Dikey sütunlardaki anlamlılığı ifade etmektedir.

Grafik 1: Tüm materyallerin florid salınımının test edilen günlere göre görünümü



4.2. Yüzey Pürüzlülüğü Testi

Tüm materyallerin yüzey pürüzlülük değerleri Tablo 3'te gösterilmektedir. Materyallerin pH değeri düştükçe yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı ve en büyük değişimin ise Fuji II ve Ketac N100 grubunda olduğu bulgulanıldı. Materyallerin pH 7'deki pürüzlülük değerleri Fuji II LC grubunda en düşük olduğu bunu sıra ile Ketac N100, Fuji II, Beautifil ve Dyract Extra gruplarının takip ettiği saptandı. Materyallerin pH 6'daki pürüzlülük değerlerinin Fuji II LC grubunda en düşük olduğu bunu sıra ile Beautifil, Dyract Extra, Ketac N100 ve Fuji II gruplarının takip ettiği bulgulanıldı. Çalışmanın sonuçlarına göre pH 5, 4, 3 ve 2'de en düşük pürüzlülük değerleri Fuji II LC grubunda olup sıra ile Beautifil, Dyract Extra, Fuji II ve Ketac N100'ün takip ettiği belirlendi. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda pH 7, 6, 5 ve 4'de materyallerin pürüzlülük değerleri arasında anlamlı farklılık olmadığı bulgulanıldı ($p>0.05$). Ancak Fuji II ve Ketac N100 materyallerinin yüzey pürüzlülük değerleri pH 2'de diğer tüm materyallere göre, pH 3 de ise Dyract Extra dışındaki materyallerden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu bulgulanıldı ($p<0.05$).

Ayrıca yapılan istatistiksel analiz sonucunda Fuji II ve Ketac N100 materyalleri pH 2 ve 3'de yüksek yüzey pürüzlülüğü göstererek pH 6 ve 7'ye göre yüzey pürüzlülük değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı derecede artış gösterdiği bulgulanıldı ($p<0.05$).

Tablo 3: Farklı pH seviyelerindeki yüzey pürüzlülüğünün Ra(μ m) ortalama ve standart sapma değerleri

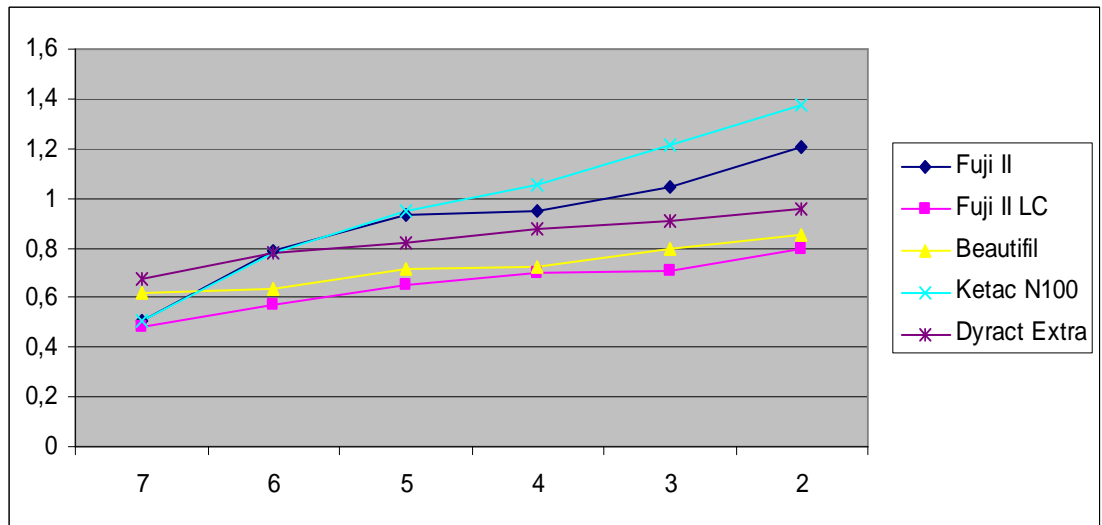
| | Fuji II | Fuji II LC | Ketac N100 | Beautifil | Dyract Extra |
|-----|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| pH7 | 0,507 \pm 0.244 ^a | 0,479 \pm 0.150 | 0,504 \pm 0.185 ^a | 0,619 \pm 0.180 | 0,672 \pm 0.424 |
| pH6 | 0,789 \pm 0.230 ^a | 0,568 \pm 0.231 | 0,782 \pm 0.213 ^a | 0,632 \pm 0.240 | 0,777 \pm 0.196 |
| pH5 | 0,931 \pm 0.400 ^{a,b} | 0,650 \pm 0.187 | 0,948 \pm 0.678 ^{a,b} | 0,715 \pm 0.400 | 0,821 \pm 0.255 |
| pH4 | 0,952 \pm 0.249 ^{a,b} | 0,696 \pm 0.268 | 1,050 \pm 0.391 ^{a,b} | 0,720 \pm 0.126 | 0,878 \pm 0.152 |
| pH3 | 1,045 \pm 0.144 ^{Ab} | 0,709 \pm 0.289 ^B | 1,217 \pm 0.247 ^{Ab} | 0,796 \pm 0.309 ^B | 0,905 \pm 0.376 ^{A,B} |
| pH2 | 1,210 \pm 0.503 ^{Ab} | 0,797 \pm 0.086 ^B | 1,373 \pm 0.259 ^{Ab} | 0,853 \pm 0.205 ^B | 0,957 \pm 0.271 ^B |

İstatistiksel anlamlı farklılık $p < 0.05$ olarak belirlenmiştir.

A,B ve C : Yatay sütunlardaki anlamlılığı ifade etmektedir.

a ve b : Dikey sütunlardaki anlamlılığı ifade etmektedir.

Grafik 2: Farklı pH seviyelerindeki ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin görünümü



4.2 Mikro Gerilme Testi

Mikro gerilme testine göre tüm materyallerin bağlanma değerleri Tablo 4'te gösterilmektedir. Test sonuçlarına göre bağlanma testi sonucunda en yüksek bağlanma kuvvetleri Beautifil grubunda saptanmış olup bunu sıra ile Dyract Extra, Fuji II LC, Ketac N100 ve Fuji II grubunun takip ettiği belirlendi.

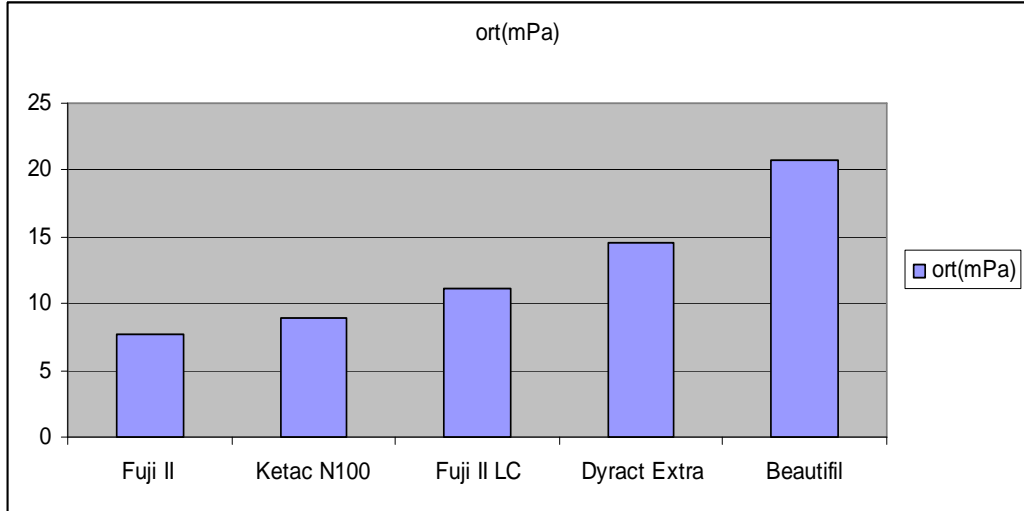
Beautifil grubunun dentine ortalama bağlanma kuvvetinin diğer tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu bulguları ($p < 0.05$). Dyract Extra grubunun Fuji II LC'den daha yüksek dentine bağlanma kuvveti gösterdiği ancak istatistiksel olarak anlamlı olmadığı saptandı ($p > 0.05$). Dyract Extra grubunun dentine bağlanma kuvvetinin Ketac N100 ve Fuji II'den istatistiksel olarak anlamlı şekilde yüksek olduğu bulguları ($p < 0.05$). Fuji II LC grubunun dentine bağlanma kuvveti Ketac N100 grubuna göre istatistiksel anlamlılık göstermezken ($p > 0.05$) Fuji II grubu ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu saptandı ($p < 0.05$). Ketac N100 grubu ile Fuji II grubunda istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı bulguları ($p > 0.05$)

Tablo 4 : Mikro gerilme bağlanma test sonuçlarının(MPa) ortalama, standart sapma(SS) ve dağılım değerleri

| | N | MPa ±SS |
|---------------------|----------|---------------------------|
| Fuji II | 30 | 7,68±2,33 ^a |
| Ketac N100 | 30 | 8,95±1,29 ^{a,b} |
| Fuji II LC | 30 | 11,15±2,41 ^b |
| Dyract Extra | 30 | 14,55±3,04 ^{b,c} |
| Beautifil | 30 | 20,71±3,84 ^d |

İstatistiksel anlamlı farklılık $p<0.05$ olarak belirlenmiştir.
a,b,c,d : İstatistiksel olarak anlamlılıkları ifade etmektedir.

Grafik 3: Mikro gerilme test sonuçlarının (MPa) ortalama değerleri



Tüm materyallerin kopma tipleri Tablo 5'te gösterilmektedir. Çalışmamız sonucunda adeziv kopma oranları geleneksel CİS'de %10, RMCİS'de %33, nano dolduruculu RMCİS'de %60, kompomerde %56, giomerde ise %76 olduğu bulguları. Karışık kopma oranının geleneksel CİS'de %24, RMCİS'de %27, nano dolduruculu RMCİS'de %20, kompomerde %27 ve giomerde %24 olduğu saptandı. Koheziv kopma oranının geleneksel CİS'de %66, RMCİS'de %40, nano dolduruculu RMCİS'de %20, kompomerde bu oranın %17 olduğu giomerde ise koheziv kopma görülmediği belirlendi.

Beautiful grubunda en yaygın kopma tipi olarak adeziv kopma görülmekte olup tüm gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde fazla olduğu bulguları ($p<0.05$). Ketac N100 ve Dyract Extra grubunda da en yaygın kopma tipinin adeziv kopma olduğu ve Fuji II LC ve Fuji II gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu bulguları ($p<0.05$). Ayrıca Fuji II LC grubunun Fuji II'ye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek adeziv kopma tipine sahip olduğu belirlendi ($p<0.05$).

Tüm gruplar arasında karışık kopma tipinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmediği bulguları ($p>0.05$).

Fuji II grubunda en yaygın kopma tipi olarak koheziv kopma görülmekle birlikte tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği bulguları ($p<0.05$). Giomer grubunda hiç koheziv kopma görülmemiş olup bu durumun diğer gruplardan istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği belirlendi ($p<0.05$). Ketac N100 ve Dyract Extra grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmezken ($p>0.05$), bu

gruplarla Fuji II LC grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu belirlendi ($p<0.05$).

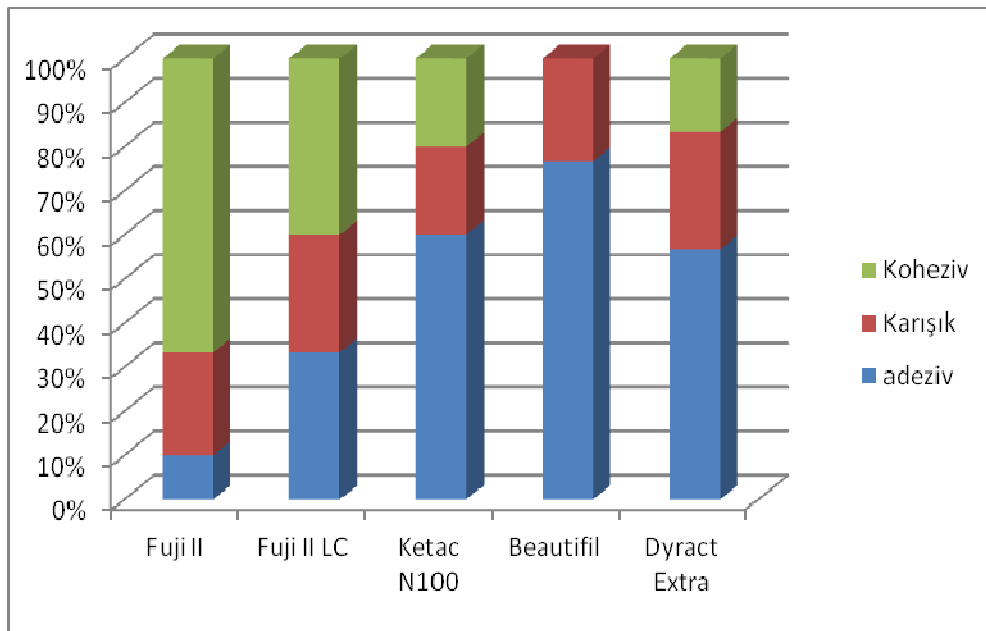
Tablo 5: Kopma tiplerinin materyal gruplarına göre dağılımı

| Materyaller | n | Tip I Adeziv | Tip II Karışık | Tip III Koheziv |
|--------------|----|----------------------|----------------|----------------------|
| Fuji II | 30 | 3(%10) ^a | 7 (%24) | 20(%66) ^a |
| Fuji II LC | 30 | 10(%33) ^b | 8 (%27) | 12(%40) ^b |
| Ketac N100 | 30 | 18(%60) ^c | 6 (%20) | 6(%20) ^c |
| Beautifil | 30 | 23(%76) ^d | 7 (%24) | 0(%0) ^d |
| Dyract Extra | 30 | 17(%56) ^c | 8(%27) | 5(%17) ^c |

İstatistiksel anlamlı farklılık $p<0.05$ olarak belirlenmiştir.

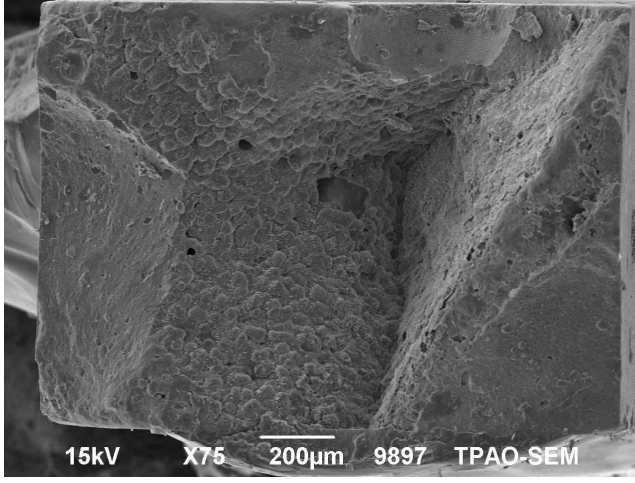
a,b,c,d : İstatistiksel anlamlılıkları ifade etmektedir

Grafik 4: Kopma tiplerinin materyal gruplarına göre dağılımı

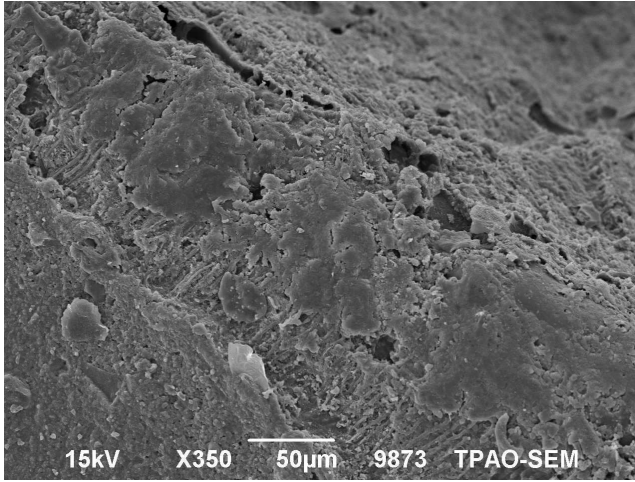


Çalışmada kullanılan materyallerin farklı kopma tiplerine ait görüntüleri SEM'de farklı büyütmeleerde incelenerek değerlendirilmiştir (Resim 10-24).

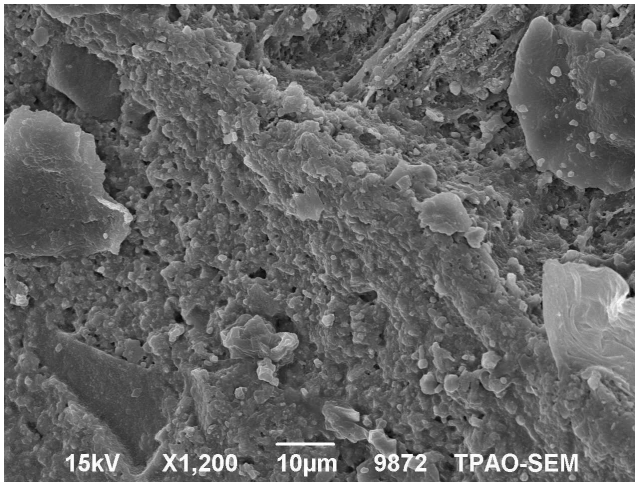
Materyallere ait en yaygın kopma tipleri olarak; Fuji II'de koheziv tip kopma (Resim 10-12) , Fuji II LC'de karışık tip kopma (Resim 13-15), Ketac N100'de adeziv tip kopma (Resim 16-18), Dyract Extra'da karışık tip kopma (Resim 19-21), Beautifil'de adeziv tip kopma (Resim 22-24) örnekleri görölmektedir.



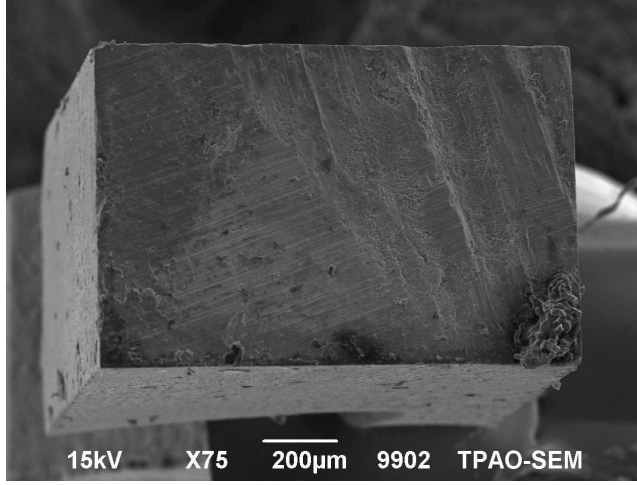
Resim 10: Fuji II'nin X75 büyütmedeki koheziv kopma görüntüsü



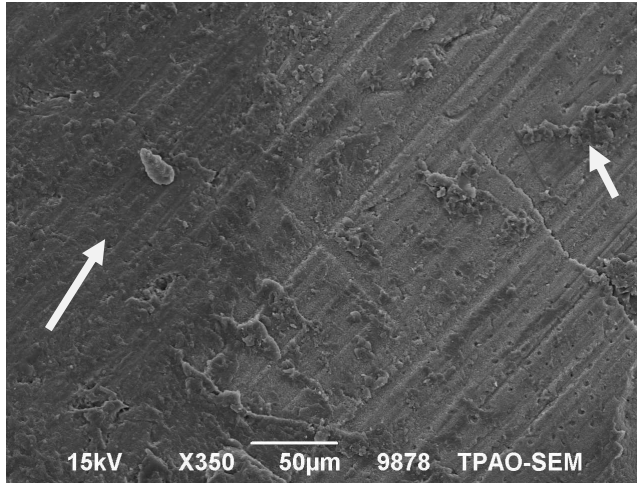
Resim 11: Fuji II'nin X350 büyütmedeki koheziv kopma görüntüsü



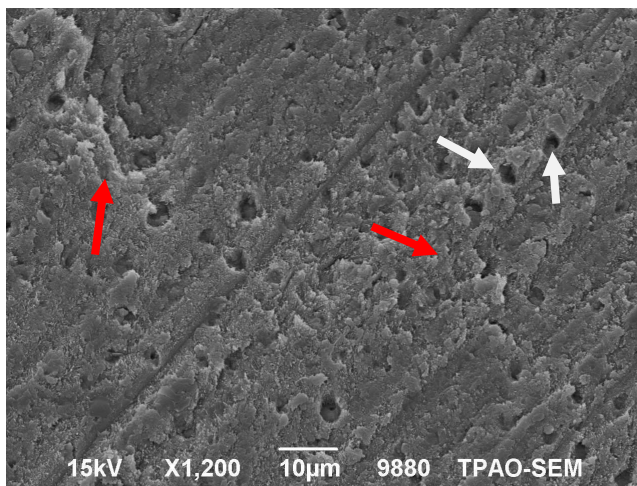
Resim 12: Fuji II'nin X1200 büyütmedeki koheziv kopma görüntüsü - Dentin tübüleri izlenmemekte ve tamamen materyale ait yüzey yapısı görülmekte



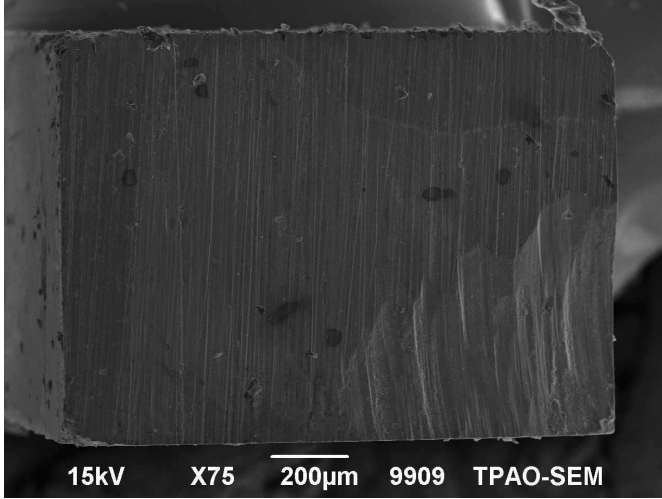
Resim 13: Fuji II LC'nin X75 büyütmedeki karışık kopma görüntüsü



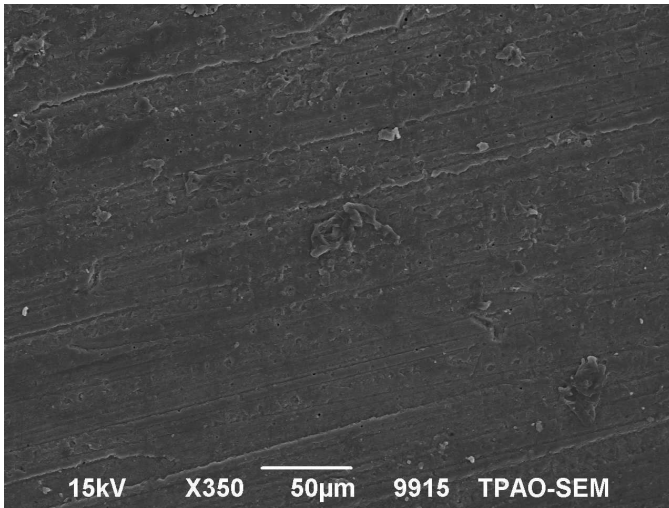
Resim 14: Fuji II LC'nin X350 büyütmedeki karışık kopma görüntüsü.
Beyaz ok: Kopma sonrası dentin yüzeyinde kalan materyal



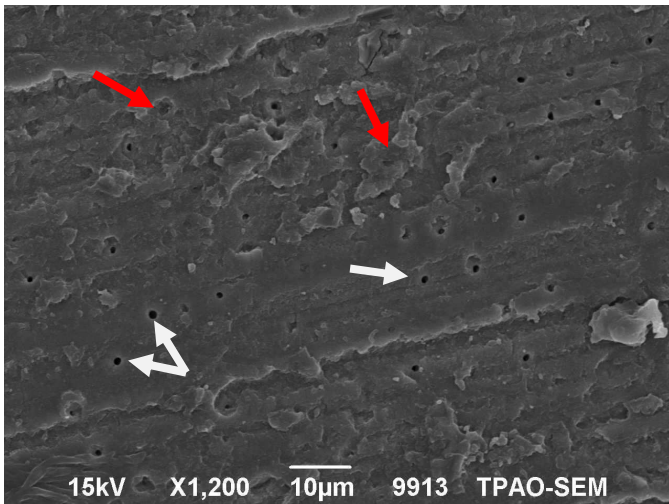
Resim 15: Fuji II LC'nin X1200 büyütmedeki karışık kopma görüntüsü
Beyaz ok: Açık dentin tübüleri
Kırmızı ok: Materyal ile kapanmış dentin tübüleri



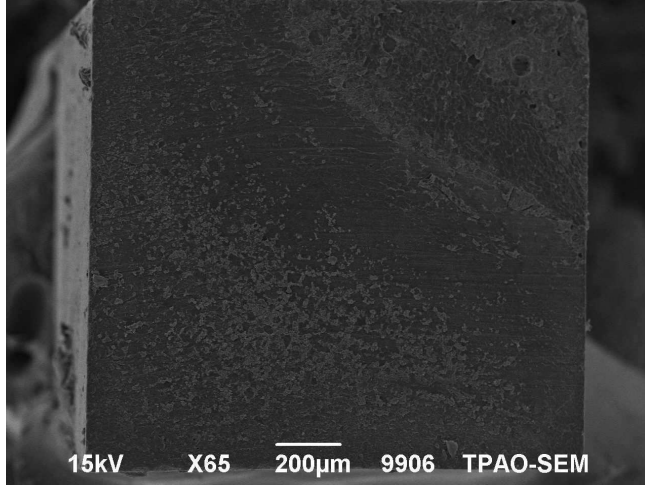
Resim 16: Ketac N100'ün X75 büyütmedeki adeziv kopma görüntüsü



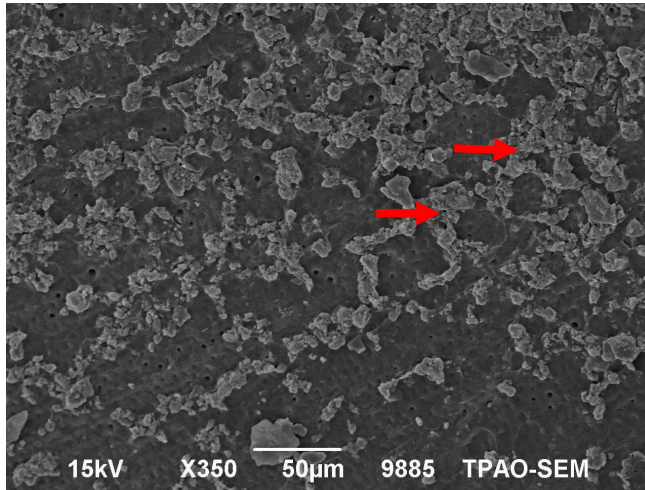
Resim 17: Ketac N100'ün X350 büyütmedeki adeziv kopma görüntüsü



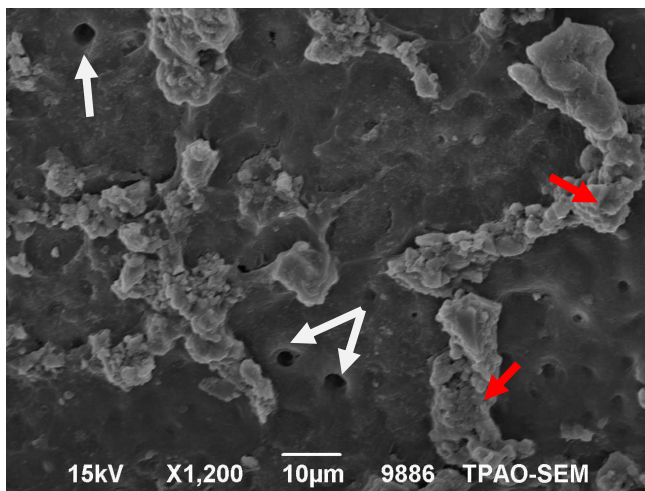
Resim 18: Ketac N100'ün X1200 büyütmedeki adeziv kopma görüntüsü
Beyaz ok: Açık dentin tübülleri
Kırmızı ok: Kısmen smear tabaka ile kapanmış dentin tübülleri



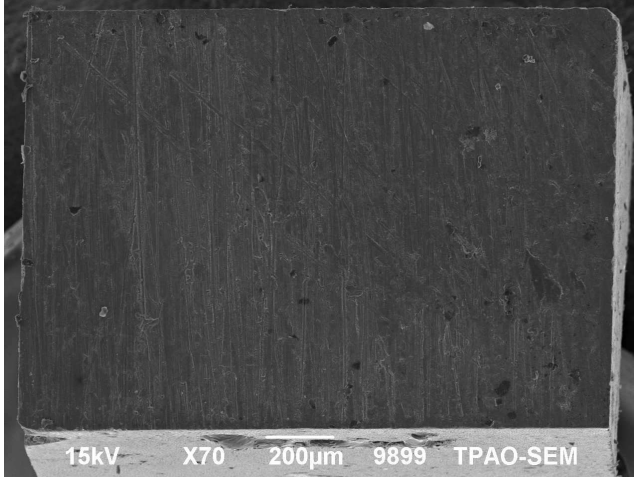
Resim 19: Dyract Extra'nın X65 büyütmedeki karışık kopma görüntüsü



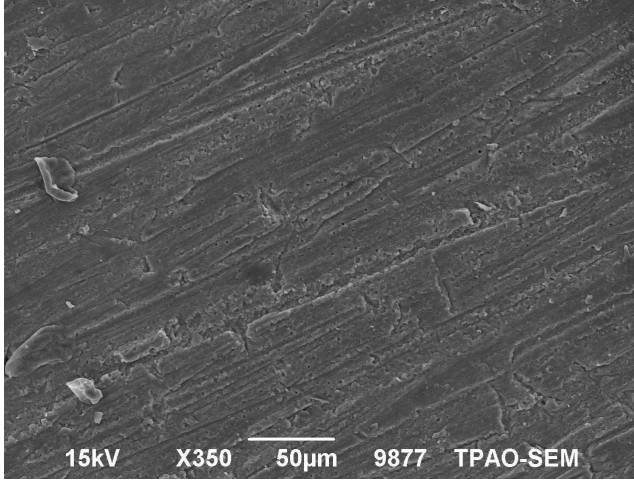
Resim 20: Dyract Extra'nın X350 büyütmedeki karışık kopma görüntüsü
Kırmızı ok: Kopma sonrası dentin yüzeyinde kalan materyal



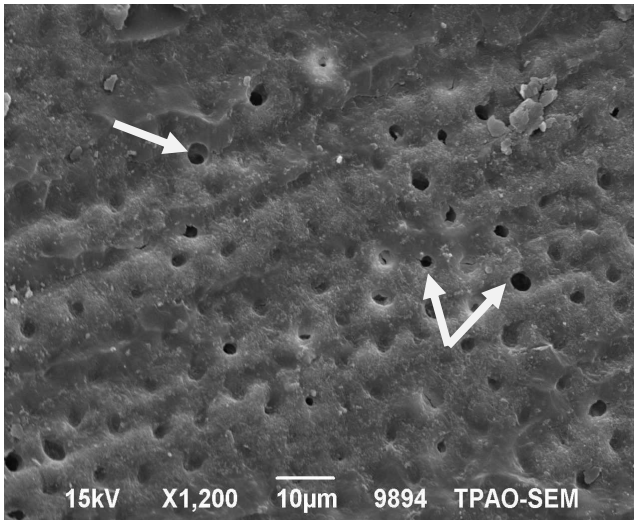
Resim 21: Dyract Extra'nın X1200 büyütmedeki karışık kopma görüntüsü
Beyaz ok: Açık dentin tübülleri
Kırmızı ok: Kopma sonrası dentin yüzeyinde kalan materyal



Resim 22: Beautiful'ın X70 büyütmedeki adeziv kopma görüntüsü



Resim 23: Beautiful'ın X350 büyütmedeki adeziv kopma görüntüsü



Resim 24: Beautiful'ın X1200 Büyütmedeki adeziv kopma görüntüsü
Beyaz ok: Açık dentin tübülleri

5. TARTIŞMA

Çocuk diş hekimliği pratiğinde kullanılan materyallerin kaviteye kolay ve çabuk yerleştirilmeleri, ideal klinik şartların sağlanamadığı durumlarda bile diş yapılarına bağlanmaları, florid salınımının yüksek olması ve yüzey pürüzlülüğün az olması tercih edilme nedenleridir. Yapılan birçok çalışmada, bir materyalin dişe bağlanma kuvvetinin, florid salınım ile geri alım potansiyelinin ve yüzey özelliklerinin restorasyonun başarısını etkileyen önemli faktörler olduğu bildirilmektedir^{2,67,68,73,77,82,87,90,91}.

Restorasyonların klinik ömrünü belirleyen önemli bir unsur sekonder çürük oluşumudur. Yetersiz bağlanma sonucu restorasyonlar ile diş dokusu arasındaki boşluklardan mikroorganizma ve ürünlerinin sızmasıyla oluşan sekonder çürük, restorasyonun değişiminden diş kaybına kadar değişen tablolara neden olabilmektedir. Sekonder çürüğü önlemek için restoratif materyallere florid iyonu eklenmektedir. Tükürükte bulunan serbest florid iyonları düşük konsantrasyonda bile deminerilizasyonu önlemeye yardımcı olmakta ayrıca yüksek konsantrasyondaki florid iyonları mikrofloranın yapısını inhibe etmektedir. Bu nedenle materyalin yapısındaki florid iyon miktarının yanı sıra materyalden salınan ve geri alınan floridin uzun süreli ve etkin düzeyde olması restoratif materyalin çürük önleyici özelliğini göstermektedir^{7,8,18,92,93}. Günümüzde CİS'ten kompozit rezinlere kadar florid salınımı yapabilen çeşitli materyaller bulunmaktadır. Bu materyallerin florid salınımı kapasiteleri içerdikleri florid iyon miktarı ve kimyasal formu, rezinin tipi ve sertleşme reaksiyonu gibi faktörler nedeni ile değişkenlik göstermektedir^{8,18,68,94}. Preston ve ark⁹⁵. benzer yapıdaki materyallerin dahi farklı florid salınımı gösterdiklerini belirtmişler ve bu nedenle restoratif materyal seçilirken materyal türünü seçmek yerine

yüksek oranda florid salınımı ve geri alım özelliği olan materyalin tercih edilmesinin daha doğru olduğunu bildirmişlerdir. Dhull ve Nadhal¹⁷ restoratif materyallerin çürük önleyici etkinliğinin uzun süreli olabilmesi için florid salınımlarının yanı sıra ağız ortamından geri alımlarının da olması gerektiğini belirtmişlerdir. Tüm bu çalışmalar ışığında geleneksel CİS'ler yüksek florid salınım ve geri alım özelliklerinin bulunması nedeni ile florid salınımı ve alımı ile ilgili yapılan çalışmalarda kontrol grubu olarak tercih edilmektedirler. Bu nedenle çalışmamızda farklı cam iyonomer içerikli restoratif materyallerin florid salınım ve geri alım kapasiteleri geleneksel CİS ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Materyallerden salınan florid miktarı hem *in vivo* hemde *in vitro* olarak incelenebilmektedir. *In vivo* çalışmalarda tükürük yapısı ve pH'ı, hastanın ağız bakım alışkanlığı, tüketilen yiyecek ve içecekler ve bunlara bağlı oluşan plak yapısı gibi birçok faktörden florid salınımı etkilendiğinden çalışmaları standardize etmek güç olmaktadır. Bu nedenle restoratif materyalden salınan florid miktarlarının incelenmesinde sıklıkla *in vitro* yöntemler kullanılmaktadır^{8,18,68}.

Florid salınımının belirlenmesi kullanılan metoda büyük ölçüde bađlıdır¹⁸. Florid salınımının *in vitro* olarak belirlenmesi için uzun yıllar spektrofotometri, titrimetri, kromatografi gibi uzun zaman alan, zor ve zahmetli metotlar kullanılmıştır. 1966 da Frant ve Ross'un florid iyonuna yüksek seçici özelliği olan *europium fluorür* ve *lantanyum fluorür* kristallerinden yapılmış elektrodu hazırlaması ile florid tespiti kolaylaşmıştır. Aynı araştırmacılar iyon seçici fluor elektrot ve spektrofotometrik yöntem kullanarak sudaki florid iyonu tespiti yapmış ve sonuçların birbirine yakın olduğunu, iyon seçici elektrotun hızlı, güvenilir ve tekrarlanabilir sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir⁷⁰⁻⁷³.

In vitro yöntemler içerisinde iyon seçici elektrot yöntemi en sık kullanılan yöntemdir. Çalışmamızda kullanım kolaylığı, hassas ölçümler yaparak daha doğru sonuçlar vermesi ve tekrarlanabilir olması nedeni ile iyon seçici elektrot metodu tercih edilmiştir^{7,8,18,70-72,77}.

Restoratif materyallerden florid salınım ve geri alımı pek çok iç ve dış etkenlerden etkilenmektedir. İç etkenler; materyalin kompozisyonu, toz/likit oranı, karıştırma süresi, ısı, örneğin geometrisi, geçirgenliği, yüzey işlemleri ve bitirme işlemleridir. Dış etkenler ise; saklama ortamının pH'sı, ısı, iyonik özellikleri, deney düzeneğinin saklama ortamı, değiştirme sıklığı ve karıştırılmasıdır^{96,97}. Çalışmamızda örneklerin hazırlanması ve saklanmasında tüm etkenler için ideal şartlar sağlanmıştır.

Materyallerden salınan florid miktarlarını etkileyen en önemli faktörlerden biri ortamın pH'sıdır. Cam iyonomer içerikli restoratif materyallerde pH düştükçe daha fazla florid salınımı gerçekleşmektedir. Bu durumun materyallerin matriks yapısı ile doldurucular arasındaki ilişkinin düşük pH'da bozulmasına bağlı olduğu bildirilmektedir^{68,94}. Ayrıca pH 5'in üzerinde florid tam olarak iyonize edilmekte fakat elektrot bu durumda hidroksit konsantrasyonu florid konsantrasyonunun 10 katından fazla olduğunda karışıklık yaratan hidroksit iyonlarına da cevap vermekte ve yanlış sonuçlar alınabilmektedir. Bu gerçek, flor elektrotu ile yapılacak ölçümlerde test solüsyonunun pH'sının ideal olarak 5-6 arasında tutulması gerektiğini ortaya koymaktadır. Florid iyonu aktivitesi ortamdaki iyonik konsantrasyona bağlı olarak değişmektedir. Bu gereklilikler, standartlara ve örneklere flor elektrodu ile ölçüm öncesinde toplam iyonik gücü ayarlama tamponu (TISAB) eklenmesiyle karşılanmaktadır. TISAB, aynı zamanda floridi kompleks yaptığı metal iyonlarından ayırtmak ve

uygun pH'yı sağlamak için belirteçler de içermektedir⁷³⁻⁷⁷. Bu doğrultuda çalışmamızda TISAB solusyonu kullanılmış olup ortam pH'sının 5-6 arasında olması sağlanmıştır.

Fluorid salınımının ölçülebilmesi amacı ile *in vitro* florid salınım çalışmaları bekletme ortamı olarak en sık deiyonize su ve yapay tükürük kullanılmaktadır. Materyallerin yapay tükürüğe göre deiyonize suda daha fazla florid salınımı gerçekleştirdiği bilinmekte ve deiyonize su daha çok tercih edilmektedir^{7,18,68,95,98,99}. Benzer çalışmalarla karşılaştırabilmek amacı ile çalışmamızda da materyalleri bekletme ortamı olarak deiyonize su kullanımı tercih edilmiştir.

In vitro florid salınım çalışmaları belki de en kritik faktör bekletme ortamındaki sıvının değiştirilme sıklığıdır. Test solusyonlarındaki florid seviyesi zamanla materyallerde küçük değişikliklere neden olabilmektedir¹⁸. Bu nedenle Mc Cabe¹⁰⁰ materyallerin bekletilme ortamındaki sıvının değişim sıklığının en az 24 saat aralıklarla olması gerektiğini bildirmiştir. Çalışmamızda florid salınımı tespiti için deiyonize su 24 saat aralıklarla değiştirilmiştir.

Çalışmamızda florid salınımı için 28 günlük bir period seçilmiştir; çünkü florid salınımı yapan materyallerin florid salınımları 28 gün sonunda en aza inmektedir. Ayrıca florid salınımı yapan materyaller 28 gün sonunda salınan florid miktarı ile var olan çürük lezyonunun durdurulmasını sağlayabileceği bildirilmektedir^{18,101}.

In vivo şartlarda restorasyonların yüzeyindeki biofilm tabakası materyallerin florid salınımını azaltabilmektedir. Mevcut deneysel kurulum klinik koşullarını tamamen taklit edememektedir fakat; mümkün olan maksimum florid salınım miktarı ile ilgili ipucu vermektedir^{18,95,98,102}.

Cam iyonomer içerikli restoratif materyallerin florid salınım ve geri alımı ile ilgili günümüze kadar pek çok araştırma yapılmış ve bu araştırmaların sonucunda florid salınım ve geri alım için tanımlanamayan kompleks bir süreç olduğu bildirilmiştir. Ancak bu çalışmalar florid salınımı sırasında temel olarak iki süreç bulunduğunu; bunlardan ilki erken dönemde hızlı bir florid salınımı olduğunu bunu uzun dönemde daha yavaş bir salınımın takip ettiğini bildirmektedirler^{8,17,18,68,103,104}.

Çalışmamızda tüm materyallerin florid salınımının 1. günde (ilk 24 saat) en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Cam iyonomer içerikli restoratif materyallerin 1. günde yüksek florid salınımı yapmalarından materyallerin asit-baz reaksiyonu sorumlu tutulmaktadır. Cam iyonomer içerikli restoratif materyallerin iki mekanizma ile florid salınımı yaptığı bilinmektedir. İlk mekanizma sertleşme reaksiyonu ile birlikte ilk 24 saatte materyalin yapısının stabil olmaması ve yüzeye bağlı florid iyonunun ayrılması ile görülen salınımdır^{18,68,105,106}. Bu mekanizma nedeni ile CİS esaslı tüm materyallerde en yüksek florid salınımı ilk 24 saatte görülmektedir. İlk 24 saatteki yüksek florid salınımı, patlama etkisi 'initial burst effect' olarak isimlendirilmektedir. Materyallerde bu başlangıç patlama etkisinin olması istenir; çünkü bu patlama etkisi ile florid, iç kısımlardaki çürük dentin içinde kalmış bakterilerin canlılığını azaltmakta ve mine-dentin remineralizasyonunu indüklemektedir^{18,107}. Çalışmamızda geleneksel CİS olan Fuji II 1. gün patlama etkisi göstererek istatistiksel

olarak anlamlı şekilde en yüksek florid salınım değerlerini göstermiştir (p<0.05). Geleneksel cam iyonomerlerdeki bu asit-baz reaksiyonunun daha fazla olması ve 1. gün florid salınım sonuçlarında en yüksek değere ulaşması beklenen bir sonuçtur. Bu sonuç diğer bir çok çalışma ile uyumluluk göstermektedir^{7,15,68,18,99,108}. Fuji II'nin yanı sıra Fuji II LC ve Ketac N100 gruplarında da florid salınım değerlerinin yüksek olduğu ve zayıf da olsa patlama etkisi gösterdiği saptanmıştır. Patlama etkisinin bu materyallerde de görülmesi asit-baz reaksiyonunun CİS'lere benzer şekilde olduğunu göstermektedir. Giomerin florid salınımının kompomerden fazla olmasına karşın bu patlama etkisi hem kompomerde hem de giomerde görülmemektedir. Bunun sebebi olarak kompomerin sertleşme reaksiyonu sırasında kompozit rezin gibi davranıp yapısına su girmeden asit-baz reaksiyonunun gözlenmemesi ve buna bağlı olarak florid iyonunun serbestleşmemesi gösterilmektedir^{18,67,68,105}. Ayrıca florid iyonunun ışıkla polimerizasyonla birlikte materyalin yapısı içinde florid kompleksleri şeklinde hapsediğini bu durumun ise hem patlama etkisi olmamasına hem de düşük florid salınımına sebep olduğu belirtilmektedir⁶⁸. Giomerde ise bu durumun aksine cam partikülleri poliakrilik asit ile önceden reaksiyona sokulduğu için su emmeye ihtiyaç duymadan asit-baz reaksiyonu gerçekleşmektedir¹⁸. Ayrıca giomerin hidrojel matrisinin daha geniş olması kompomere göre daha fazla florid salınımını açıklamaktadır^{8,18}. Çalışmamızda bu bilgilere paralel olarak Fuji II, Fuji II LC ve Ketac N100 de patlama etkisi görülürken Dyract Extra ve Beautifil de görülmemiştir. 1. gün florid salınım değerleri sırası ile Fuji II, Fujill LC, Ketac N100, Beautifil ve Dyract Extra olarak bulgulanmıştır.

Başlangıçta görülen bu yüksek florid salınımının ardından materyalin yapısında oluşan hidrojel matris içindeki asidik su ile çözünen cam partiküller kütleli olarak difüzyonla florid salınımına ve daha uzun

sürelî ve stabil bir faza geçilmesine neden olur^{67,68,107}. Fluorid salınım sonuçlarına göre 2. günde tüm gruplarda düşüş görülmekle birlikte bu düşüş sadece Fuji II grubunda istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$).

2. günde en yüksek florid salınımı Fuji II LC grubunda görülürken bunu Fuji II, Ketac N100 ve Beautifil grubu izlemekte olup en düşük florid salınımı Dyract Extra grubunda görülmüştür. 2. günde Fuji II LC, Fuji II ve Ketac N100 gruplarında istatistiksel farklılık görülmezken ($p>0.05$) bu gruplarla Beautifil ve Dyract Extra grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır ($p<0.05$). Ancak Beautifil ve Dyract Extra grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$).

Çalışmanın 7., 14., 21. ve 28. günlerindeki florid salınım değerleri sıra ile Fuji II, Fuji II LC, Ketac N100, Beautifil ve Dyract Extra grupları olarak bulgulandı. Fuji II, Fuji II LC ve Ketac N100 grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmezken ($p>0.05$) bu gruplarla Beautifil ve Dyract Extra grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Test periodları değerlendirildiğinde grupların hepsinde 2. günden 28. güne kadar tüm test periyodlarında florid salınımınlarında azalma görülmüştür. Bu durum birçok çalışma sonuçları ile uyumluluk göstermektedir^{7,8,96,105,107}.

Çalışmamızın florid salınım testi sonuçlarına göre geleneksel CİS, RMCİS ve nano dolduruculu RMCİS'lerin florid salınımları giomer ve kompomere göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde fazladır. Bir çok araştırmacı geleneksel CİS'den kompozit rezine doğru gidildikçe florid salınımının genellikle düşüş gösterdiğini

bildirmiştir^{94,98,103,105,108,109}. Bunun nedeni olarak bu materyallerin yüksek rezin içeriğinin yanı sıra diğer materyallere göre zayıf bir asit-baz reaksiyonu göstermesi olarak belirtilmektedir^{108,109}. Giomer ise tüm test periodlarında kompomerden daha yüksek florid salınım değerleri göstermiştir.

Florid salınımı yapan materyallerin ağız ortamında uzun süre florid salınımı yapıp yapmadığı büyük bir tartışma konusudur. Özellikle ağız ortamında dışarıdan alınan floridin materyal tarafından alınıp tekrar salındığı bilinmektedir. Florid salınımı yapan materyallerin geri alım mekanizması tam olarak anlaşılamamıştır. Ancak geri alım kapasitesi cam iyonomerdeki cam doldurucuların etrafındaki hidrojel tabakanın yapısına bağlı olduğu düşünülmektedir. Cam iyonomerlerdeki asit-baz reaksiyonu uzun sürmekte ve daha düzgün bir hidrojel matriks tabakası oluşmaktadır. Buna bağlı olarak materyallerin geri alım kapasitesi floridin hidrojel matriks tabakasına yerleşmesine bağlı olmaktadır. Cam iyonomer hidrojel matriks tabakası hem florid salınımı hem de geri alımı için anahtar faktördür^{8,17,110,111}.

Çalışmamızda materyallerin geri alım özelliklerinin tespiti için topikal florid uygulamasına 28. günde başlanmıştır; çünkü tüm materyallerden salınan florid miktarı 28 günde (1 ay) minimum düzeye geldiği bildirilmektedir. Çalışmada materyallere florid uygulanmasının temelinde birçok insanın kullandığı florid içeren diş macunları ya da ağız gargaraları yoluyla dişlere topikal olarak florid uygulanıyor olması yatmaktadır⁷. Bundan dolayı, materyallere çalışmamızın deneysel periyodunda 28. günden itibaren 14 gün boyunca florid uygulaması yapılmıştır. Floridin çeşitli konsantrasyonları topikal olarak kullanılabilir. Örneğin; floridli ağız gargaraları günlük kullanım için

100-500 ppm'lik ya da haftada bir kez kullanım için 1000-3000 ppm'lik florid içerebilmektedir^{7,112}. Piyasada bulunan birçok diş macunu %0.24 oranında NaF veya %0.76 oranında monoflorofosfat içermektedir (her biri 1000 ppm F). Profesyonel topikal florid uygulamaları genellikle % 2 oranında NaF içerir (9000 ppm F)¹¹³. Çalışmamızda günlük kullanılan florid kaynaklarına benzer konsantrasyonlarda %0,221'lik NaF (1.000 ppm F) 14 gün süreyle uygulanmıştır⁷. Birçok çalışmada da florid kaynağı olarak benzer oranda florid içeren solusyonlar kullanılmıştır^{7,8,105,114,115}.

Çalışmamızda test edilen tüm materyallerin geri alım özelliği olduğu bulgulanmıştır. 28. günden sonra uygulanan 14 günlük topikal florid uygulamasının ardından yapılan ölçümlerde tüm materyallerin florid salınımlarında istatistiksel olarak anlamlı derecede artış görüldü ($p<0.05$). Topikal florid uygulamasının ardından 42. gündeki fluor salınım değerleri sıra ile Fuji II LC, Fuji II, Beautifil, Ketac N100 ve Dyract Extra grupları olduğu belirlendi. Ayrıca Dyract Extra'nın diğer materyallerden istatistiksel olarak anlamlı olarak düşük fluor salınımı gösterdiği bulgulanı ($p<0.05$). Bu durum kompomerlerin geri alım özelliklerinin diğer materyallere göre daha düşük olduğu göstermektedir. Birçok araştırmacı CİS'lerin topikal florid uygulamasından 1 gün sonra bile kompomerlere göre daha fazla florid salınımı yaptığı bildirmektedirler^{7,105,107,115,116}.

Yerel florid uygulamasının bitiminden 7 gün sonraki 49. günde tüm materyallerin florid salınımı, yerel florid uygulanan periodla karşılaştırıldığında büyük bir azalma görülmüştür. Bu sonuç göstermiştir ki; kullanılan örneklerin sadece yüzeysel kısımları floridle aktive edilebilmiştir¹⁰⁸.

Çalışmamızın sonuçlarına göre topikal florid uygulamasının ardından en yüksek florid geri alım ve salınımını Fuji II LC ve Fuji II gösterirken bunu sıra ile Beautifil, Ketac N100 ve Dyract Extra takip etmektedir. Topikal florid uygulamasının ardından Beautifil'in florid salınımının arttığı görülmektedir. Ayrıca çalışmamızda florid uygulamasının bitiminden 1 hafta sonraki 49. gündeki materyallerin florid salınımları değerlendirildiğinde giomer dışındaki tüm materyallerin florid uygulamasının başlamadığı 28. gündeki kendi florid salınım düzeylerine düştüğü görülmüştür. Bu durum giomerin geri alım özelliğinin diğer materyallerden daha fazla olduğunu göstermektedir.

49 günlük florid salınım değerlerine bakıldığında bu değerlerin Dyract Extra grubunda anlamlı derecede düşük olduğu bulgulanmıştır. Xu & Burgess¹⁰⁸, başlangıçta en fazla florid salınımı yapan materyalin daha yüksek geri alım kapasitesine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bundan dolayı, her bir materyalin sahip olduğu florid salınım yetisine göre değişen miktarda geri alabildiği belirtilmiştir. Çalışmamızda başlangıç florid salınımları yüksek olan Fuji II ve Fuji II LC'nin en fazla geri alıma sahip olduğu bulgulanmıştır. Ancak başlangıç florid salınımı düşük olan Beautifil'in geri alım kapasitesi yüksek bulunmuştur. Bunun sebebi olarak giomerlerin asit-baz reaksiyonunun önceden olması ve daha geniş bir hidrojel matriks tabakasının olduğu düşünülmektedir. Dhull ve Nadhall¹⁷ florid salınımı ve geri alımı için cam iyonomer hidrojel matriksi anahtar faktörse giomerin yüksek florid geri alım etkinliğine sahip olacağını bildirmektedirler.

Materyallerin düşük konsantrasyonlarda da olsa uzun süreli florid salınımı ağız ortamında çürük önleyici etkinlik sağlayabileceği bildirilmektedir. Ayrıca ağız ortamına sürekli diş macunu, yiyecek ve

içeceklerle birlikte düzenli olarak florid alımı olduğundan, geri alım kapasitesi yüksek olan restoratif materyallerin rk önlemede etkili olacağı düşünülmektedir.

Birçok araştırıcı restorasyonların uzun ömürlü olmasını ve estetik özelliklerini yüzey kalitesinin belirlediğini bildirmektedir^{9,14,77,79,81,82,116-119}. Restoratif diş hekimliğinde kullanılan materyallerin pürüzlülüğü bakteriyel tutunmayı önemli derecede etkilemektedir. Yüzey değişimine bağlı olarak restorasyonlarda plak birikimi, renk değişikliği, dişeti problemleri ve rkler oluşabilmektedir^{9,14,81,82,116,118-125}. Buna karşın materyallerin yüzey pürüzlülüğünün az olması, mikroorganizmaların diş ve materyal yüzeylerine tutunmaları için zaman sağlamaktadır^{120,126}. Çalışmamızda kullanılan cam iyonmer içerikli restoratif materyallerin klinik kullanımlarında seçim kriterlerinden biri olan yüzey pürüzlülüğünün tespiti amaçlanmıştır.

Restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüklerinin değerlendirilmesinde genellikle *in vitro* yöntemler tercih edilmekte ve yaygın olarak profilometre cihazı kullanılmaktadır^{9,14,82,83,127-133}. Çalışmamızda da materyallerin yüzey pürüzlülüklerinin ölümü profilometre cihazı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu cihazın kaydedici ucu belirli bir hızda örnek yüzeyinde gezerken, yüzeydeki przllklere bağlı olarak ucun yaptığı dikey hareketler, elektriksel akım farklılıkları yaratarak yüzey profili olarak kaydedilmekte ve yüzey topografisi ile ilgili değerler rakamsal veya grafiksel olarak elde edilebilmektedir.

Profilometre, yüzey pürüzlülüğünü mikron seviyesinde ölçebilen bir direkt okuma cihazı olup, materyallerden elde edilmiş olan test örneklerinin yüzey topografisindeki değişikliklerin kalitatif değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Profilometre cihazının ölçüm uzunluğu (tracing length) 1.75, 5.5 ya da 17.5 mm olarak ayarlanabilmektedir. Ölçüm sahasını birden beşe kadar parçalayarak (sampling length) ölçülebilmektedir. Ölçüm uzunluğuna göre uygun olan diğer parametreleri otomatik olarak ayarlayabilmektedir. Hareketli kalibrasyon yapılabilmektedir. Ölçüm dışı olarak alınacak mesafe (Cut-off) 0.25, 0.80 ya da 2.5 mm olarak ayarlanabilmektedir. Ra, Rz, Rmax, Rp, Rpm, Rt ve başka birçok parametreyi hesaplayabilmektedir^{132,134-135}. Çalışmamızda ölçüm uzunluğu 1.25 mm olarak ayarlanmıştır. Buna göre n=5, ölçüm dışı mesafe değeri ise 0.25 olarak alınmıştır. Her örneğin ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri olan Ra değerleri kaydedilmiştir. Her yedi ölçümde bir kalibrasyon işlemi yapılmış ve ölçümler örneklerin merkezinde olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Abu-bakr ve ark¹²⁵. yaptıkları çalışma sonucunda asitli içecek ve yiyeceklerin tüm restoratif materyallerde yüzey pürüzlülüğünü arttırdığını bulgulamışlardır. Mohammed-Tahir ve Yap⁹ ise cam iyonomer içerikli restoratif materyallerin düşük pH'lı asidik ortamdan anlamlı derecede etkilendiği bildirmişlerdir. Shabanian ve Richards¹³⁶ ise geleneksel CİS'in RMCİS ve kompozit rezine göre anlamlı derecede daha az asit direnci gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca birçok çalışmada ağıza farklı yiyecek ve içecekler alınması ile ortam pH'ının değiştiği ve bu değişimin restoratif materyalleri olumsuz etkilediği bildirilmektedir^{9,122,124,125,136-139}. Örneğin ekmek pH'ı 5-6, elma pH'ı 3-4, limon pH'ı 2-3, meyve sularının pH'sı 3-4 şarap pH'sı 3-4 arasındadır^{9,122}. Bu nedenlerle çalışmamızda cam iyonomer içerikli restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüklerinin tespiti için farklı pH ortamları tercih edilmiştir. Bu

doğrultuda çalışmamızda pH'ı 2, 3, 4, 5, 6, 7 olan ortamlarda örnekler bekletilerek testler yapılmıştır.

Çalışmamızda örneklerin bulunduğu ortamın pH'ının belirlenmesi için sitrik asit tercih edilmiştir. Sitrik asit; yaygın bir şekilde meyve sularında, içeceklerde bulunmakta ve besinlere eklenmesi nedeni ile dişlerde erozyon yapmaktadır. Ayrıca *in vitro* çalışmalarda genellikle sitrik asit kullanılmaktadır^{9,139-142}. Bu nedenlerle çalışmamızda da sitrik asit kullanılmıştır.

Yap ve Mok¹⁴ cam iyonomerlerin olgunlaşma süresi için 1 hafta beklemek gerektiği, Mohammed-Tahir ve Yap⁹ ise cam iyonomerlerin tam olgunlaşma süresinin 2 hafta olduğunu bildirmişlerdir. Bu süre için 24 saatin yeterli olduğunu belirten çalışmalar da mevcuttur^{143,144}. Bu farklılığın nedeni materyalde gerçekleşen asit-baz reaksiyonunun farklı çalışmalarda daha uzun süreceğinin belirtilmesidir. Ayrıca örneklerin bekletilme ortamlarında materyalin su emilimine bağlı olarak daha uzun bir asit-baz reaksiyonunu oluşabilmektedir¹⁴⁵. Farklı araştırmacılar bu konuda farklı bekleme süreleri belirtse de cam iyonomer içerikli restoratif materyallerin tam olgunlaşma süresi için en az 1 hafta beklenmesi gerektiği birçok araştırmacı tarafından kabul edilmektedir^{14,136,145}. Çalışmamızda materyaller 37°C'de 2 hafta de iyonize suda bekletilerek olgunlaşma süresi beklenmiştir.

Restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüklerinin belirlenmesine yönelik yapılan *in vitro* çalışmalarda örneklerin yüzey bitimlerinin nasıl olması gerektiği bir diğer tartışma konusudur^{146,147}. Birçok araştırmacı en düzgün yüzeylerin parlatma işlemleri olmaksızın Mylar strip

bant kullanılarak sağlanacağını belirtmektedir^{14,45,78-81,119,147-153}. Bu doğrultuda çalışmamızda örnekler Mylar strip bant kullanılarak yüzey bitimleri sağlanmıştır.

Çalışmamız sonucunda tüm materyallerin ortam pH'sı düştükçe pürüzlülüklerinin arttığı bulgulanmıştır. pH 7'de tüm materyaller benzer pürüzlülük değerleri göstermiştir. Ancak pürüzlülük değerleri başlangıçta benzer seviyede olan materyallerin ortam pH'sının düşmesinden olumsuz etkilendikleri bulgulanmıştır. Çalışmamızın sonuçlarına paralel olarak bir çok araştırmacı da cam iyonmer içerikli restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğünün düşük pH'lı ortamlardan olumsuz etkilendiğini bildirmektedirler. Bunun sebebi olarak da cam iyonmer içerikli restoratif materyallerdeki metal iyonlarının asidik ortamda H iyonları ile yer değiştirmesi gösterilmektedir^{9,154,155}. Çalışmamızda Fuji II ve Ketac N100 materyallerinin yüzey pürüzlülük değerleri pH 2'de diğer tüm materyallere göre, pH 3'te ise Dyract Extra dışındaki materyallerden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu bulgulanmıştır (p<0.05). Fuji II ve Ketac N100 materyalleri yüksek toz- likit oranına sahip olmaları nedeni ile daha visköz yapıdadırlar. Bu visköz yapının asidik ortamda çözünme eğiliminde olması bu materyallerin yüksek pürüzlülük değerleri göstermelerini açıklamaktadır. Ayrıca Fuji II materyalinin birleşim reaksiyonunun sadece asit-baz reaksiyonu ile olması; Ketac N100'ün ise pat-pat formülasyonu ile karıştırılması esnasında hava boşluğunun kalması ve yeterli bağlanmanın sağlanamamasının yüzey pürüzlülüklerinin fazla olmasının diğer bir sebebi olduğu düşünülmektedir. Çalışmamız sonuçlarında Fuji II LC, Beautifil ve Dyract Extra' nın düşük pürüzlülük değerleri gösterdiği bulgulanmıştır. Bu materyallerdeki cam doldurucular bir polimer rezin içerisinde gömülü bulunmalarından dolayı asidik ortamda çözünmemektedir¹⁴. Bu durum rezin içeriği fazla olan materyallerin diğer

materyallere göre düşük pürüzlülük değerleri göstermelerini açıklamaktadır.

Cam iyonomer içerikli restoratif materyallerde doldurucu miktarından başka doldurucu partiküllerinin boyutu ve rezin matriksle doldurucu partiküller arasındaki bağlanma da yüzey pürüzlülüğünü etkilemektedir^{14,121}. Partikül boyutu büyük olan materyallerin yüzey pürüzlülüklerinin de fazla olduğu bildirilmektedir¹⁴. Çalışmamızda da düşük partikül boyutuna sahip giomer ve kompomer düşük pürüzlülük değerleri gösterirken partikül boyutu büyük olan RMCİS düşük pürüzlülük değerleri göstermiştir. Bunun sebebinin, Fuji II LC'de rezin matriksle cam partiküller arasında iyi bir bağlanma olmasının sonucu olduğu düşünülmektedir.

Mohammed-Tahir ve Yap⁹ cam iyonomer içerikli restoratif materyallerde pH değişikliğinin yüzey pürüzlülüğe etkisinin materyal yapısına bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamız sonuçları bu durumu desteklemektedir. Çalışmamızın yüzey pürüzlülük değerlerinin sonuçlarına göre giomer ve kompomer materyalleri daha başarılı sonuçlar sergilerken çalışmada kullanılan farklı yapıdaki RMCİS'lerin farklı sonuçlar verdiği saptanmıştır. Resin içeriği bulunmayan geleneksel CİS ise beklenen sonuç olarak yüksek pürüzlülük değerleri göstermiştir.

Bir materyalin klinik kullanımına uygunluğuna karar verilirken diş dokularına bağlanma kuvveti değerlendirilmesi gereken önemli bir kriterdir^{26,89,90,156,157}. Başarılı bir bağlanma ile sağlanan kenar uyumu; mikrosızıntıyı azaltarak kenar renkleşmesinin, pulpa iltihabının ve sekonder çürüğün önlenmesini sağlamaktadır^{26,91}. Restoratif materyallerin adeziv özelliğini değerlendirmenin en kolay yolu *in vitro* bağlanma

testleridir⁸⁵⁻⁹⁰. Ancak materyallerin bağlanma kuvvetini araştıran çalışmalarda farklı test yöntemlerinin uygulanması nedeni ile oldukça büyük değişkenlik gösteren sonuçlar ortaya çıkmakta, bu nedenle de materyallerin bağlanma kuvveti ile ilgili kesin bir bilgi elde edilememektedir¹⁵⁷⁻¹⁵⁹. Van merbeerk ve ark⁸⁶. ise laboratuvar çalışmaları ile birlikte yürütülen klinik çalışmaların sonuçları birlikte değerlendirildiğinde *in vitro* araştırmaların materyalin klinik başarısı hakkında doğru ve yeterli bilgi verebileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca mine, dentin ve semente bağlanma kuvvetlerinin ayrı ayrı değerlendirilebilmesi nedeni ile *in vitro* bağlanma testleri adeziv özelliklerin incelenmesi ve diğer materyaller ile karşılaştırılmasında en geçerli yöntem olarak gösterilmektedir^{88,157}. Bu nedenlerle çalışmamızda kullanılan materyallerin bağlanma kuvvetleri *in vitro* koşullarda karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Diş hekimliğinde kullanılan stres testleri, ağız içerisinde restoratif materyale gelen kuvveti laboratuvar ortamında taklit etmektedirler¹⁶⁰. Diş yapılarına bağlanmayı değerlendirmek için makaslama, gerilme, mikro gerilme ve mikro makaslama gibi çeşitli test teknikleri kullanılmaktadır. Dişe bağlanma kuvvetini test etmek için standart bulunmamasına rağmen özellikle bazı test yöntemlerine ilginin arttığı görülmektedir. Bununla birlikte doğru, güvenilir ve kolaylıkla kullanılabilen farklı test metotlarının araştırmacılar tarafından geliştirilebileceği de belirtilmektedir^{159,161,162}.

Makaslama ve gerilme testleri dentin ve mineye bağlanma kuvveti değerlendirmesinde en çok kullanılan metotlardır^{88,156,159,162-165}. Bu testler ile bağlanmanın koptuğu andaki her birim alana gelen yük miktarı ölçülmektedir. Nominal bağlanma kuvveti, uygulanan maksimum kuvvetin

bağlı bulunan yüzey alanına bölünmesi ile hesaplanır¹⁶⁶. Bu testlerde materyal diş dokusuna uygulanmakta ve diş ile materyal arasında bir bağ meydana gelmektedir. Daha sonra fraktür oluşuncaya kadar kuvvet uygulanmakta ve kopma değerleri belirlenmektedir. Ancak bu yöntemde hazırlanan örnekler arasında farklılıkların meydana geldiği, bu nedenle diş ile materyal arasında bağlanma kuvvetinin net bir şekilde değerlendirilemeyeceği bazı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir^{159,162}. Bu problem Sano ve ark.⁸⁵ tarafından 'mikro-bond' test tekniğinin geliştirilmesi ile bir miktar çözülmüştür. Bu teknik çok küçük yüzey alanlarında gerçekleştirilmektedir. Buna bağlı olarak materyal ve diş arasındaki çok az defekt meydana geldiği, bir diştten pek çok örnek elde edildiği ve böylece örneklerin çok daha iyi bir şekilde karşılaştırıldığı ifade edilmektedir^{85,159,164,165}.

Mikro bağlanma testinin geliştirilmesinden sonra makaslama ve gerilme test metotları mikro makaslama ve mikro gerilme test metotları haline gelmiş ve pek çok test yapılmıştır. Ancak mikro gerilme testinde küçük örnek hazırlamak için örnekler torna işlemi ile kırılmasının zorunlu bir basamak olduğu bildirilmektedir^{85,167}. Ancak Yip ve ark.¹⁶⁸ mikro-gerilme test tekniğinde tornada kırma işlemi gerektirmeyen 'non-trimming' metotunun günümüzde kullanılan viskozitesi yüksek CİS'ler için uygun olabileceği ve bağlanma yüzeyine çok daha az stres uygulanacağını ifade etmişlerdir.

Mikro gerilme test tekniği yöntemi ile bir diştten çok fazla sayıda örnek elde edilebilmesi, restorasyon ile diş yüzeyinde ölçülecek olan bağlanma kuvveti alanının belirlenebilmesi ve ölçümler sonucunda çok düşük farklılıkların olması tekniğin en önemli avantajları arasındadır. Ölçümlerin çok büyük farklılıklar oluşturmayışının muhtemel nedeni olarak,

materyal ile dentin yüzeyi arasında çatlak hat oluşumu probleminin küçük örneklerle aşılması gösterilmektedir. Ayrıca SEM analizinin gerçekleştirilmesi sırasında küçük boyutta hazırlanan örneklerde CİS'nin koheziv kopma tipinden farklı olarak değişik kopma tipleri görüntülerinin elde edilerek CİS'lerin dentine bağlanmaları konusunda değişik yorumların gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir^{2,85-88,156,159}. Bu nedenlerle çalışmamızda mikro gerilme bağlanma testi kullanılmıştır.

Diş yapısında materyallerin dentine bağlanması mineye göre daha zor sağlanmaktadır. Bunun nedeni olarak ise dentin doku olarak yüksek su, organik içerik miktarın ve tübüllerden oluşan yapısı olarak gösterilmektedir. Bu nedenle restoratif materyallerin dentin dokusuna bağlanması önemlidir. Ancak araştırmacıların farklı dentin bölgeleri üzerinde çalışması dentin tübüllerinin konumundan dolayı aynı materyal için birbirinden farklı sonuçların elde edilmesine neden olmaktadır. Süt dişlerinde düz yüzey elde etmek için kaldırılan diş dokusu nedeni ile pulpaya fazla yaklaşılabileceği bu durumun da bağlanma kuvvetini etkileyebileceği bildirilmektedir^{85,88,169}. Ancak bağlanma testlerinde düşme zamanı yakın ya da kök rezorpsiyonu yeni başlayan süt dişlerin kullanılmasından dolayı pulpanın diş ortamla ilişkili olması sebebi ile pulpa boynuzlarına yakın dentinin nemliliğinin bağlanma kuvvetine etkisi olamayacağı da belirtilmektedir¹⁷⁰. Süt dişinin dentin derinliğinin bağlanma kuvvetinin değerlendirildiği araştırmalar için az miktarda olması⁸⁴ ve yukarıda belirtilen özellikler göz önünde bulundurularak araştırmamızda süt dişlerinin oklüzal dentin bölgeleri kullanılmıştır.

Çekimi yapılan dişlerin bekletilme ortamı *in vitro* çalışmalarda önemli bir noktadır. Çalışmalarda dişlerin bekletilme ortamı olarak %10 formalin, %70 etanol, % 0,1-1 kloramin-T veya %0,05-0,1 timol

solusyonları tercih edilmektedir¹⁵⁶. Çalışmamızda çekimi yapılan dişler %10 formalin solusyonunda bekletilmiştir.

Dentin yüzeyinin hazırlanması *in vitro* çalışmalarda diğer bir önemli noktadır. Kesit alma işleminde kullanılan elmas bıçaklar dentin yüzeylerinde smear tabaka oluşturmaktadır^{159,171}. Bu nedenle çalışmamızda smear tabakayı mümkün olduğunca azaltmak ve homojen yüzeyler elde edilebilmesi için dentin yüzeyleri 600-800-1200 gritlik zımparalar kullanılarak standardizasyon sağlanmaya çalışılmıştır.

Laboratuar şartlarında gerçekleştirilen bağlanma kuvveti ölçümleri, materyaller ve diş yapısı arasındaki adezyon hakkında faydalı bilgiler edinilmesini sağlamaktadır. Bununla beraber, bağlanma kuvveti çalışmalarından elde edilen veriler test düzeneklerinin laboratuvarlar arasında farklılık göstermesi nedeniyle çelişkili olabilmektedir. Örnek geometrisi, bağlanan yüzey alanının boyutları, yükleme konfigürasyonu ya da materyalin tipi, bağlanma ara yüzünde farklı stres dağılımlarına yol açabilmektedir^{88,172}. Dolayısıyla, bağlanma başarısızlığında rol alan stres dağılımlarının sistematik olarak anlaşılması bağlanma kuvveti test metodunun faydasının değerlendirilmesinde önemli bir faktördür. Makaslama ya da gerilme testlerinde yüklemenin biçimi düzensiz stres dağılımına yol açmaktadır¹⁷². Diğer taraftan, mikro gerilme testlerinde kullanılan ve Sano ve ark.⁸⁵ tarafından geliştirilen mikro bağlanma yöntemi ile alınan örnekler bağlanma ara yüzünde standart bir geometri sağlamıştır. Bu nedenle ara yüzde daha standart bir stres dağılımı oluşmaktadır. Bu sayede adeziv materyallerin bağlanma kuvveti daha doğru bir şekilde değerlendirilmektedir. Mikro gerilme kuvveti testi için kullanılan üç ana örnek dizaynı bulunmaktadır. Bunlar, çubuk, halter ve kum saati şeklindedir. Çubuk şekilli örnekler mikro gerilme testlerinde

kullanılan ilk örnek şeklidir, ancak daha sonra farklı şekillerdeki örnekler (kum saati ve halter) kullanılmaya başlanmıştır. Günümüze değin üç farklı örnek şekli arasındaki farklılıkların mikro gerilme testi üzerine potansiyel etkileri bilinmemektedir. Bu da belirli bir örnek dizaynının mikro gerilme ölçümleri için uygun olup olmadığı sorusunu gündeme getirmektedir. Bir materyali test etmek için kullanılan metodolojinin materyalin gerçek davranışını yansıtması kritik bir öneme sahiptir. Ancak bu durumda davranışı klinik durumla ilişkilendirmek ve klinik performansı tahmin edebilmek mümkün olabilmektedir^{90,172}.

Mikro gerilme test metodu daha güvenilir, ancak zaman alıcı ve teknik hassasiyet gerektiren bir adezyon testi olarak kabul edilmektedir. Çubuk şekilli örneklerin hazırlanması kolaydır. Halter ve kum saati şekilli örnekler için ekstra kesim yapılması örneklere zarar verme riskini artırmakta ve standardizasyonu güçleştirmektedir. Betamar ve ark.¹⁷² farklı örnek dizaynlarının mikro gerilme testi sonuçlarına etkilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, anlamlı bir farklılık bulmamakla birlikte çubuk şeklinin hazırlanma kolaylığı, diğer şekillere benzer sonuçlar vermesi ve örnek geometrisinin getirdiği etkilere maruz kalmaması nedeniyle tercih edilebilir olduğunu bildirmişlerdir. Bir diğer çalışmada benzer şekilde 1mm x 1mm kalınlığında trimleme yapılmamış çubuk şekilli örneklerin mine üzerinde yapılan mikro gerilme testleri için en uygun örnek şekli olduğu bildirilmiştir¹⁷³. Çalışmamızda da bu görüşlere uygun olarak çubuk şeklinde 1mm² lik örnek kesitleri kullanılmıştır.

Phurukkanon ve ark.⁸⁸ örneklerin şeklinden çok yüzey alanlarının küçük boyutta hazırlanmasının daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Küçük yüzey alanı kullanılarak örnekler hazırlandığında bağlanma kuvvetinin arttığı bazı çalışmalarda da gösterilmiştir. Hatta

bağlanma yüzey alanı küçüldükçe bağlanma kuvveti de buna paralel olarak artmıştır. Bu artışın her bir örneğin bağlanma aralığında meydana gelebilecek defekt miktarındaki azalmaya bağlı olduğu ayrıca yüzey alanı küçük örneklerin hazırlanmasının bağlanmada yırtıklara yol açan ve başlangıç kırık alanı olarak rol oynayan stres noktalarını azaltacağı ifade edilmektedir. Bu yüzey alanı büyük örneklerin neden düşük streslerde kırıldığını açıklamaktadır. Pashley ve ark.⁸⁷ örneklerin küçülmesi ile daha uygun bir stres dağılımını olacağını bu nedenle gerçek bağlanma değerlerine daha yakın sonuçlar elde edilebileceğini ifade etmişlerdir.

Bağlanma kuvvetlerindeki değişken değerler sadece materyale ve test tekniğine bağlı olmamakla birlikte dentin derinliği, kalsiyum konsantrasyonu ve nem gibi birçok faktöre bağlı olabilmektedir. Pulpaya yaklaştıkça dentine bağlanma kuvvetinin azalacağı hatta yüzeyel dentin tabakası derin dentin tabakası ile karşılaştırıldığında yüzeyel dentin tabakasının iki kat daha fazla bağlanma kuvveti gösterdiği, ayrıca kalsiyum konsantrasyonu ve dentin derinliği arasında bağlanma kuvveti açısından önemli bir ilişki olduğu ifade edilmektedir^{85,88,169}. Buna karşın Causton¹⁷⁴ kalsiyum konsantrasyonu ile dentin kalınlığı arasında bir bağlantı olmadığını ve bağlanmada kalsiyum iyon konsantrasyonunun çok önemli olmadığını ifade etmiştir. Çalışmamızda mine kaldırıldıktan sonra 1mm separasyon yapılarak orta dentin kullanılmıştır.

Diş yüzeyine uygulanan düzenleyicinin bağlanma kuvvetini etkilemesi bir diğer faktördür. İlk kez Powis ve ark.¹⁷⁵ tarafından kimyasal olarak sertleşen CİS'in dişe bağlanmasını geliştirmek için önerilen poliakrilik asit düzenleyici olarak kullanılmaktadır. Poliakrilik asit çeşitli hidrojen bağ formu yapabilen çok sayıda fonksiyonel karboksil iyon grubu içermektedir. Geleneksel CİS'ler smear tabaka varlığında bile mineye

bağlanabilmektedir, ancak düzenleyicilerin bu bağlanma kuvvetini artırdığı ifade edilmektedir¹⁷⁶. Diğer taraftan yapılan çalışmalarda bu işlemin sadece smear tabakayı uzaklaştırdığı, dentin tübüllerini açığa çıkarmadığı ve diş yüzeyinde deminerilizasyona neden olmadığı da bildirilmektedir^{177,178}. Çalışmamızda bu doğrultuda yüzey düzenleyici kullanılmamıştır.

Bağlanma kuvvetini etkileyen diğer bir faktör ise cihazın örnekleri kesme hızıdır. Gerilme testinde ISO cihazın hızını 1 mm/dk olarak belirtmiştir^{168,172}. Bununla birlikte yüksek hız uygulanmasının anormal stres dağılımına neden olacağı, diş ile materyal arasında gözlenen koheziv kırığın artacağı ve elde edilen bağlanma değerlerini etkileyeceği belirtilmektedir¹⁶³. Çalışmamızda bu değerlendirmeler sonucunda cihazın hızı 1 mm/dk olacak şekilde ayarlanarak bukkolingul ve mesiodistal yönde 5'er kesim yapılmış ve ortalama 1mm²'lik örnekler elde edilmiştir.

Cam iyonomer içerikli restoratif materyallerde bağlanma testini uygulamadan önce örneklerin su içerisinde bekletilme süresi sonuçlar açısından önem taşımaktadır. CİS'ler genellikle sertleşme reaksiyonu başlangıcından 24 saat sonra test edilmişlerdir^{165,179,180}. Pereira ve ark.¹⁶⁰ Fuji plus, Fuji IX, Ketac Molar ve Ketac-fil CİS'leri 1 saat 24 saat ve 7 gün sonunda gerilme kuvveti ile değerlendirmişlerdir. Yüksek viskoziteli Fuji IX ve Ketac Molar CİS'lerin en yüksek bağlanma değerlerini 24 saatin sonunda verdiklerini göstermişlerdir. Bununla birlikte ISO CİS'in fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması için 24 saat beklemesi gerektiğini bildirmiştir^{168,180}. Bu değerlendirmelerin sonucunda çalışmamız için örnekler hazırlandıktan sonra 24 saat distile su içerisinde bekletilmiş arkasından mikro gerilme testi uygulanmıştır.

Çalışmamız sonucunda materyallerin süt dişi dentinine ortalama bağlanma değerleri Fuji II'de 7,68 MPa, Ketac N100'de 8,95 MPa, Fuji II LC'de 11,15 MPa, Dyract Extra'de 14,55 MPa, Beautifil'de ise 20,71 MPa'dır. Beautifil grubunun dentine ortalama bağlanma kuvvetinin diğer tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu bulguları (p<0.05). Coutinho ve ark.² Ketac N100'ün dentine bağlanma kuvvetinin 12,6 MPa olduğunu, Shaffer ve ark.¹⁸¹ Fuji II LC nin bağlanma kuvvetinin 9.3 MPa, Yap ve ark.¹⁸² ise 5.67- 11,4 MPa arasında olduğunu bildirmişlerdir. Almuammar ve ark.³² 6 farklı materyalin bağlanma değerlerini karşılaştırdıkları çalışmaları sonucunda Fuji II LC'nin süt dişi dentinine bağlanma değerini 9,55 MPa, Dyract'ın ise 11,19 MPa olarak bulgulamışlardır. Cardosa ve ark.¹⁸³ Fuji II LC nin daimi dişlere bağlanma kuvvetini 17,9 MPa, Marguezan ve ark.⁴⁹ ise iki farklı RMCİS'in süt ve daimi dişlere bağlanma kuvvetlerini değerlendirdiği çalışmalarında Fuji II LC'nin süt dişlerine bağlanma kuvvetini 6,63 MPa daimi dişlere bağlanma kuvvetini 9,01 MPa, Vitremerin ise 7,96 MPa- 9,71 MPa olduğunu bulgulamışlardır. Daimi diş örnekleri kullanılarak CİS'lerin dentine olan bağlanma kuvvetinin değerlendirildiği çalışmalarda elde edilen sonuçların süt dişine göre daha yüksek olduğu bilinmekte ve bunun nedeni olarak süt dişinin mineral içeriğinin daimi dişten farklılıklar gösterdiği bildirilmektedir. Wang ve ark.¹⁸⁴ Fuji II LC ve Vitremer'in bağlanma dayanımlarını değerlendirdikleri çalışmaları sonucunda Fuji II LC'nin 10,56 MPa Vitremer'in ise 7,22 MPa olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmamızın sonuçları birçok çalışma ile uyumluluk gösterse de farklı bilgi veren çalışmalar da bulunmaktadır^{32,49,181,182}. Özellikle kompomerlerin daha yüksek bağlanma değerleri gösterdiği çalışmalar mevcuttur^{158,185}. Garcia-Godoy¹⁵⁸ 4 farklı kompomerin süt ve daimi diş dentinine bağlanma dayanımlarını Compoglass 13,0-16,9 MPa, Dyract 29,4 MPa- 35,0 MPa, Hytac 22,8 MPa -20,4 MPa ve Vitremerin

20,3 MPa -23,8 MPa olarak bulgulamışlardır. Bu farklılıkların sebebi pek çok çalışmada tek bir standardizasyon olmadığından çalışmaların sonuçlarının diğer çalışmalarla karşılaştırmanın oldukça zor olmasıdır^{158-160,163,166}. Ayrıca örneklere materyalin uygulanması öncesinde smear tabakasının asitle pürüzlendirme ile uzaklaştırılmasının bir diğer etken olduğu düşünülmektedir. Restoratif materyalin smear tabaka varlığında mikromekanik olarak bağlanması ve dentine penetrasyonunun azalması ile bağlanmanın olumsuz etkilendiği bildirilmiştir¹⁸⁶⁻¹⁸⁸. Çalışmamızda materyallerin dişlere bağlanması öncesinde asit uygulanmaması sonuçların daha düşük olmasını açıklamaktadır. Tanumiharja ve ark.¹⁶⁵ rezin içerikli ve geleneksel CİS'in dentine bağlanma kuvvetini mikro gerilme testi ile 4 farklı yüzey düzenleyici kullanarak değerlendirmişlerdir. Çalışmaları sonucunda yüzey düzenleyici kullanılan gruplarda mikro gerilme kuvvetinin ortalama 8,5 MPa olduğu, düzenleyici uygulanmayan gruplarda bu kuvvetin 7,5 MPa olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmamızın sonuçlarında RMCİS'ler geleneksel CİS'e göre daha yüksek bağlanma değeri göstermiştir. RMCİS'ler geleneksel CİS'lerden farklı olarak diş dokularına esas olarak kimyasal bağlanırlar ve daha düşük düzeyde de olsa mikromekanik bağlanma göstermektedirler. RMCİS'lerin dentine asit-baz reaksiyonu ile kimyasal bağlanmasında içeriğinde bulunan HEMA'nın, dentinin ıslanabilirliğini ve materyalin diş penetrasyonunu artırması rol oynamaktadır. Mikromekanik bağlanmasının ise RMCİS'in yapısında bulunan poliakrilik asidin dentin dokusunda oluşturduğu deminerilizasyona bağlı olduğu düşünülmektedir^{32,189}. Bu durum RMCİS'lerin geleneksel CİS'lerden daha yüksek bağlanma değeri göstermesini açıklamaktadır. RMCİS'ler her ne kadar kimyasal bağlanma ile birlikte mikromekanik bağlanma gösterebilirler de poliakrilik asidin smear tabakasını uzaklaştırabilmesi ve dentin tübüllerine penetrasyonlarının yetersiz olması nedeni ile mikromekanik bağlanmaları düşük düzeydedir³².

Bu durum çalışmamızın sonuçlarına göre RMCİS lerin dentine mikromekanik olarak bağlanan kompomer ve giomere göre daha düşük bağlanma değerleri göstermesini açıklamaktadır.

Çalışmamız sonucunda Ketac N100 geleneksel CİS'e benzer ancak RMCİS'e göre düşük bağlanma değerleri göstermiştir. Coutinho ve ark.² Ketac N100 materyalinin diş dokularına bağlantısını TEM'de incelemişler ve çalışmalarının sonucunda materyalin mine ve dentin yüzeylerine deminerilizasyon veya hibrit tabaka oluşumu olmaksızın oldukça yüzeyel bağlandığını belirtmişlerdir. Bundan dolayı Ketac N100'ün geleneksel CİS lere benzer ancak RMCİS'lerden daha düşük bağlanma kuvveti göstereceğini belirtmişlerdir. Korkmaz ve ark.²⁶ Ketac N100 ün daimi dişlerin dentin yüzeyine bağlanmasını SEM' de incelemişler ve dentin tübüllerinde rezin uzantısının bulunmadığını ve düşük bağlanma değerleri gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu sonuçlar çalışmamızın sonuçlarını desteklemektedir.

Çalışmamızın sonuçlarında giomerin dentine bağlanma değerinin 20,71 MPa olduğu ve diğer materyallere göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde en yüksek bağlanma değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Ikemura ve ark.¹⁵ giomerin dentine makaslama bağlanma dayanım değerinin 21,91 MPa olduğunu bulgulamışlardır. Bu yüksek bağlanma değerinin nedeni olarak mikromekanik bağlanmanın yanı sıra giomerdeki; floridli pimer ile sağlanan minimum nanosızıntının, florid alımıyla güçlendirilmiş dentinin ve bağlanma arayüzündeki adezyon sağlayıcı monomerlerin çözünmeyen kalsiyum tuzlarının bağlanmayı pozitif yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Ikemura ve ark.¹⁹⁰ giomerin dentine makaslama bağlanma dayanımı ile ilgili yaptıkları diğer bir çalışmada

bağlanma değerini 20,80 MPa olarak belirtilmektedir. Bu sonuçlar çalışmamızın sonuçlarını desteklemektedir.

Yapılan çalışmalarda kopma tipi ve bağlanma kuvveti arasında direkt bir ilişkinin bulunmadığı ve sadece bağlanma kuvveti değerlerinin materyal hakkında yeterli bilgi veremeyeceği ifade edilmektedir¹⁹¹. Bu nedenle mikro gerilme testi sonrasında stereomikroskop ile kopma tipleri değerlendirilmiştir.

Geleneksel gerilme testleri uygulandığında genellikle bağlı yüzeylerde koheziv başarısızlık meydana gelmektedir. Bu sonuçların materyalin gerçek bağlanma kuvvetinin değerlendirilmesinde yetersiz kaldığı ifade edilmektedir¹⁶⁹. Hazırlanan örneklerin küçük olması ile meydana gelebilecek koheziv çatlakların en aza ineceği ve meydana gelen kopmanın genellikle materyal ve diş arasında adeziv bir kopma olacağı ifade edilmektedir^{159,192}.

Phurukkanon ve ark.¹⁹² 1.2, 1.4 ve 2.0 mm çapındaki silindirik rezin örnekleri hem mikro makaslama hem de mikro gerilme test metodu ile değerlendirmişlerdir. 1.2 ve 1.4 çapındaki örneklerde %70 oranında adeziv kopma meydana gelmiş ve hiç birinde koheziv kopma gözlenmemiştir. 2.0 mm çapındaki örnekler için ise gerilme testi uygulanan grupta koheziv kopma görülmezken makaslama testi uygulanan grupta hem karışık hem de koheziv kopma meydana gelmiştir.

CİS ve RMCİS'lerin dentine olan bağlantısı kendi iç dayanıklılığından daha yüksektir ve mikro gerilme test tekniği sonrasında

koheziv kopma tipi gösterdiği bilinmektedir. Burrow ve ark.¹⁵⁹ yaptıkları çalışma sonucunda CİS ve RMCİS'lerde daha çok koheziv kopma görüldüğünü bildirmişlerdir. Bu durumun materyalin dentine olan bağlantısının kendi iç dayanılılığından daha fazla olması dışında materyal içindeki hava boşluklarından da kaynaklandığını bildirmişlerdir. El-Kalla ve Garcia-Godoy¹⁵⁸ da restoratif materyallerdeki koheziv kırığın daha sık görülmesinin, materyalin iç dayanıklılığının düşüklüğü ve bağlanma kuvvetinin iç dayanıklılıktan yüksek olmasına bağlı olabileceğini bildirmişlerdir.

Çalışmamız sonucunda adeziv kopma oranları geleneksel CİS'de %10, RMCİS'de %33, nano dolduruculu RMCİS'de %60, kompomerde %56, giomerde ise %76 olduğu bulgulanıldı. Karışık kopma oranının geleneksel CİS'de %24, RMCİS'de %27, nano dolduruculu RMCİS'de %20, kompomerde %27 ve giomerde %24 olduğu bulgulanıldı. Koheziv kopma oranının geleneksel CİS'de %66, RMCİS'de %40, nano dolduruculu RMCİS'de %20, kompomerde bu oranın %17 olduğu giomerde ise koheziv kopma görülmediği belirlendi.

Marquezan ve ark.⁴⁹ Fuji II LC'de süt dişlerinde karışık kopma oranının %76,7 iken adeziv kopma oranının %13,3 ve materyalden koheziv kopma oranının ise %6,7 olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmamızın sonuçlarına göre geleneksel CİS için en yaygın kopma tipinin koheziv kopma olduğu bulgulanmıştır. RMCİS'de yaygın bir kırık tipi gözlenmezken tüm kırık tipleri benzer oranlarda görüldüğü belirlenmiştir. Çalışmamızda nano dolduruculu RMCİS'de düşük bağlanma kuvveti değerleri görülse de yüksek oranda (%60) adeziv

kopma görülmüştür. Nano dolduruculu RMCİS ile ilgili yapılmış diğer çalışmalarda da düşük bağlanma kuvveti değerleri gözlenirken en baskın kırık tipinin adeziv kopma olduğu bildirilmektedir^{2,26}. Kompomer ve giomerde ise yaygın olarak adeziv kopma görüldüğü belirlenmiştir. Çalışmamızda giomerin yüksek oranda(%76) adeziv kopma göstermesi ve koheziv kopmanın(%0) görülmemesi istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu durum giomer materyalinin iç dayanıklılığın dentine yakın olduğunu göstermektedir.

Restoratif amaçla kullanılan materyallerin diş dokusuna yüksek bağlanma özelliği ve düşük yüzey pürüzlülüğüne sahip olması daha uzun ömürlü bir restorasyon sağlanması açısından önem teşkil etmektedir. Yapılan çalışmalarda restoratif materyallerin düşük konsantrasyonda da olsa uzun süreli florid salınımı ağız ortamında çürük önleyici etkinlik sağlayabileceği bildirilmektedir. Ayrıca ağız ortamına sürekli diş macunu, yiyecek ve içeceklerle birlikte düzenli olarak florid alımı olduğundan, geri alım kapasitesi yüksek olan restoratif materyallerin çürük önlemede etkili olacağı düşünülmektedir. Çalışmamız sonucunda nano dolduruculu RMCİS yetersiz fiziksel ve mekanik özellikler göstermesine rağmen yüksek florid salınımına sahip olması nedeni ile çürük riski fazla olan çocukların düşme yaşı yakın dişlerinde kullanımlarının alternatif oluşturabileceği düşünülmektedir. Giomerin ise dentine bağlanma kuvvetinin yüksek olması, düşük bir yüzey pürüzlülüğüne sahip olması ve yüksek florid geri alım özelliği ile uzun süreli florid salınımı yapabileceği düşünüldüğünde çocuklarda restoratif materyal seçiminde tercih edilebilir bir materyal olduğu görüşündeyiz.

6. SONUÇ

Cam iyonomer içerikli 5 farklı restoratif materyalin florid salınım ve geri alım kapasitelerini, değişik pH seviyelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini ve bu materyallere mikro gerilme test yöntemi uygulayarak bağlanma kuvvetlerini karşılaştırdığımız *in vitro* çalışmamızın sonuçları aşağıda verilmiştir.

1- Test edilen gruplarda 1. gün florid salınım değerleri geleneksel CİS'de tüm materyallere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu, diğer test günlerinde ise en yüksek florid salınımı istatistiksel olarak anlamlı şekilde geleneksel CİS ve RMCİS'lerin sahip olduğu bulgulanmıştır ($p<0.05$). Giomerin florid salınımı ise tüm test edilen günlerde kompomerden fazla olduğu ancak istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$).

2- 14 günlük topikal florid uygulamasının ardından tüm materyallerin florid salınımlarında 42. günde istatistiksel olarak anlamlı derecede artış görülmüştür ($p<0.05$). Topikal florid uygulamasının bitiminden 1 hafta sonraki 49. günde materyallerin florid salınımlarının istatistiksel olarak anlamlı şekilde düşüş gösterdiği ($p<0.05$), giomer dışındaki tüm materyallerin topikal florid uygulaması öncesindeki florid salınım seviyesine düştüğü belirlendi. Topikal florid uygulaması sonrasındaki 42. ve 49. günlerde kompomerin florid salınım değerlerinin diğer materyallerden istatistiksel olarak anlamlı şekilde düşük olduğu bulgulanmıştır ($p<0.05$).

3- Tüm materyallerin ortam pH'sı düştükçe pürüzlülüklerinin arttığı, nano dolduruculu RMCİS ve geleneksel CİS'in pH 3 ve 2 de pH 7 ve 6'ya göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde yüksek pürüzlülük değerleri gösterdiği bulgulanmıştır ($p<0.05$). Ayrıca nano dolduruculu RMCİS ve geleneksel CİS'in yüzey pürüzlülük değerleri pH 2'de diğer tüm materyallere göre, pH 3'de ise kompomere dışındaki materyallerden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

4- Giomerin dentine bağlanma kuvvetinin tüm materyallere göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde yüksek olduğu bulgulanmıştır ($p<0.05$). Geleneksel CİS ve nano dolduruculu RMCİS'in dentine bağlanma kuvvetlerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca giomerde istatistiksel olarak anlamlı şekilde adeziv kopma görülürken istatistiksel olarak anlamlı şekilde koheziv kopma gözlenmemiştir ($p<0.05$).

7. ÖZET

Cam İyonomer İçerikli Farklı Restoratif Materyallerin Fluorid Salınım ve Geri Alım Özelliklerinin, Yüzey Pürüzlülüklerinin ve Dentine Bağlanma Değerlerinin Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi

Bu çalışmanın amacı, farklı yapıda cam doldurucu içeren restoratif materyallerin florid salınım ve geri alım kapasitelerini, değişik pH seviyelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini ve bu materyallere mikro gerilme test yöntemi uygulayarak bağlanma kuvvetlerini karşılaştırmaktır.

Çalışma için 5 farklı cam iyonomer içerikli restoratif materyal seçildi. Bu materyaller; geleneksel cam iyonomer siman, rezin modifiye cam iyonomer siman, nano dolduruculu rezin modifiye cam iyonomer siman, giomer (pre-reacted glass ionomer) ve poliasit modifiye kompozit rezin(kompomer)'dir.

Çalışmada materyallerin florid salınım ve geri alım miktarlarını belirlemek için iyon analiz cihazına (pH/ISE meter, model 710A) bağlı iyon-spesifik elektrot (96-09BN) kullanıldı. Yüzey pürüzlülüğü, uç çapı 5 µm olan bir profilometre cihazı (Surftest; Mitutoyo Corp, Tokyo, Japan) kullanılarak belirlendi. Mikro gerilme test tekniği için ise Universal test cihazı (Micro Tensile Tester T-61010K Bisco, US) kullanıldı.

Çalışmada tüm materyallerin bütün test periyodlarında florid salınımı yaptığı görüldü. 1. gün florid salınım değerleri geleneksel CİS'de

tüm materyallere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu, diğer test günlerinde ise en yüksek florid salınımı istatistiksel olarak anlamlı şekilde geleneksel CİS ve RMCİS'lerin sahip olduğu bulgulanmıştır ($p<0.05$). Giomerin florid salınımının ise tüm test edilen günlerde kompomerden fazla olduğu tespit edilmiştir. Topikal florid uygulamasının ardından tüm materyallerin florid salınımlarında istatistiksel olarak anlamlı derecede artış görülmüştür ($p<0.05$). Giomerin florid alım kapasitesinin yüksek olduğu bulgulanı.

En düşük pürüzlülük değerlerinin RMCİS grubunda olduğu; bunu sıra ile giomer, kompomer, geleneksel CİS ve nano dolduruculu RMCİS'in takip ettiği saptandı.

Bağlanma testi sonucunda en yüksek bağlanma kuvvetleri giomer grubunda saptanmış olup bunu sıra ile kompomer, RMCİS, nano dolduruculu RMCİS ve geleneksel CİS grubunun takip ettiği belirlendi. Ayrıca giomerde istatistiksel olarak anlamlı şekilde yüksek adeziv tip kopma saptandı ($p<0.05$).

Anahtar Kelimeler: Cam İyonomer Siman, Giomer, Nano İyonomer, Florid Salınım ve Geri Alım, Yüzey Pürüzlülüğü, Mikro Gerilme

8. SUMMARY

Comperative Evaluation of Fluor Releasing and Re-charge Properties, Surface Roughness and Bonding Values to Dentine of Different Restorative Materials Containing Glass Ionomer

The aim of this study is to determine the fluor releasing and uptaking capacity by comparing restorative materials containing glass fillers with different structures and convantional glass ionomer cement; to determine the effect of various pH levels on surface roughness of glass ionomer based restorative materials; and to compare bonding forces by applying the micro-tensile test method to these materials.

Five different restorative materials containing glass ionomer were selected for the study. These materials are conventional glass ionomer cement, resin-modified glass ionomer cement, resin-modified glass ionomer cement with nano-fillers, giomer (pre-reacted glass ionomer) and polyacid-modified composit resin(compomer).

In the study ion-specific electrode (96-09BN) connected to ion-analysis machine (pH/ISE meter, model 710A) was used to determine the concentration of fluoride. Surface roughness was determined by using a profilometer (Surftest; Mitutoyo Corp, Tokyo, Japan) with a tip diameter of 5 μm . The universal test machine (Micro Tensile Tester T-61010K Bisco, US) was used for micro-tensile testing technique.

In the study fluoride release of all materials was demonstrated at all test periods. Fluoride releasing values at first day were reported statistically significant in conventional GIC compared to other materials. Whereas on the other test days, the most fluoride releasing values were observed statistically significant in conventional GIC and RMGIC ($p < 0.05$). Fluoride releasing of Giomer at overall the test periods was reported more than compomer. Subsequent to topical fluoride application an statistically significantly increased fluoride releasing of all materials was observed ($p < 0.05$). It was reported that fluor uptake values were higher in the giomer group.

The lowest roughness values was reported in RMGIC and it was followed by giomer, compomer, conventional GIC and RMGIC with nanofillers respectively.

Giomer group had the greatest bonding values and was followed by compomer, resin-modified glass ionomers and conventional glass ionomer group respectively. Statistically significant adhesive failure was seen in giomer ($p < 0.05$).

Key Words: Glass Ionomer Cement, Giomer, Nano Ionomer, Fluoride Release and Re-charge, Surface Roughness, Micro Tensile

9. KAYNAKLAR

1. Berry TG. Amalgam in year book dentistry: Meskin, 10th ed, Mosby Co, Baltimore, Boston, San Lois; 1996.
2. Coutinho E, Cardoso MV, De Munck J, Neves AA, Van Landuyt KL, Poitevin A, Peumans M, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding effectiveness and interfacial characterization of a nano-filled resin-modified glass-ionomer. Dent Mater. 2009; 25: 1347-57.
3. Altun C, Güven G, Başak F, Akbulut E. Altı-onbir yaş grubu çocukların ağız-diş sağlığı yönünden değerlendirilmesi. G Ü Dişhek Fak Derg. 2005; 47: 114-18.
4. Sonoda H, Sasafuchi Y, Kitasako Y, Arakawa M, Otsuki M, Tagami M. Pulpal response to a fluorid-releasing all-in-one resin bonding system. Oper Dent. 2002; 27: 271-77.
5. Mohamed-Tahir MA, Tan HY, Woo AA, Yap AU. Effects of pH on the microhardness of resin-based restorative materials. Oper Dent. 2005; 30: 661-6.
6. Tay FR, Pashley EL, Huang C, Hashimoto M, Sano H, Smales RJ, Pashley DH. The glass-ionomer phase in resin-based restorative materials. J Dent Res. 2001; 80: 1808-12.
7. Okuyama K, Murata Y, Pereira PN, Miguez PA, Komatsu H, Sano H. Fluoride release and uptake by various dental materials after fluoride application. Am J Dent. 2006; 19: 123-7.
8. Itota T, Carrick TE, Yoshiyama M, McCabe JF. Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite. Dent Mater. 2004; 20: 789-95.
9. Mohamed-Tahir MA, Yap AU. Effects of pH on the surface texture of glass ionomer based/containing restorative materials. Oper Dent. 2004; 29: 586-91.

10. Sunico MC, Shinkai K, Katoh Y. Two-year clinical performance of occlusal and cervical giomer restorations *Oper Dent*. 2005; 30: 282-9.
11. Gonzalez EH, Yap AU, Hsu SC. Demineralization inhibition of direct tooth-colored restorative materials. *Oper Dent*. 2004; 29: 578-85.
12. Deliperi S, Bardwell DN, Wegley C, Congiu MD. In vitro evaluation of gomers microleakage after exposure to 33% hydrogen peroxide: self-etch vs total-etch adhesives. *Oper Dent*. 2006; 31: 227-32.
13. Matis BA, Cochran MJ, Carlson TJ, Guba C, Eckert GJ. A three-year clinical evaluation of two dentin bonding agents. *J Am Dent Assoc*. 2004; 135: 451-7.
14. Yap AU, Mok BY. Surface finish of a new hybrid aesthetic restorative material. *Oper Dent*. 2002; 27: 161-6.
15. Ikemura K, Tay FR, Endo T, Pashley DH. A review of chemical-approach and ultramorphological studies on the development of fluoride-releasing dental adhesives comprising new pre-reacted glass ionomer (PRG) fillers. *Dent Mater J*. 2008; 27: 315-39.
16. Dhull KS, Nandlal B. Effect of low-concentration daily topical fluoride application on fluoride release of giomer and compomer: An in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2011; 29: 39-45.
17. Dhull KS, Nandlal B. Comparative evaluation of fluoride release from PRG-composites and compomer on application of topical fluoride: an in-vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2009; 27: 27-32.
18. Yap AU, Tham SY, Zhu LY, Lee HK. Short-term fluoride release from various aesthetic restorative materials. *Oper Dent*. 2002; 27: 259-65.
19. Mohamed-Tahir MA, Tan HY, Woo AA, Yap AU. Effects of pH on the microhardness of resin-based restorative materials. *Oper Dent*. 2005; 30: 661-6.

20. Yap AU, Mok BY. Effects of professionally applied topical fluorides on surface hardness of composite-based restoratives. *Oper Dent.* 2002; 27: 576-81.
21. Croll TP, Berg JH. Resin-Modified Glass-Ionomer Restoration of Primary Molars with Proximating Class II Caries Lesions. *Compend Contin Educ Dent.* 2007; 28: 372-6.
22. Croll PT. Nanofilled Resin-Modified Glass Ionomer Restorative Cement. *Contemp Esthet.* 2007; 11: 14-7.
23. Maneenut C, Sakoolnamarka R, Tyas MJ. The repair potential of resin-modified glass-ionomer cements. *Dent Mater.* 2010; 26: 659-65.
24. Markovic DL, Bojan B, Petrovic BB, Peric TO. Fluoride content and recharge ability of five glassionomer dental materials. *BMC Oral Health.* 2008; 8: 21-4.
25. Killian CM, Croll TP. Nano-ionomer tooth repair in pediatric dentistry. *Pediatr Dent.* 2010; 32: 530-5.
26. Korkmaz Y, Gurgan S, Firat E, Nathanson D. Shear bond strength of three different nano-restorative materials to dentin. *Oper Dent.* 2010; 35: 50-7.
27. Ozel E, Korkmaz Y, Attar N, Bicer CO, Firatli E. Leakage pathway of different nano-restorative materials in class V cavities prepared by Er:YAG laser and bur preparation. *Photomed Laser Surg.* 2009; 27: 783-9.
28. Abd El Halim S, Zaki D. Comparative evaluation of microleakage among three different glass ionomer types. *Oper Dent.* 2011; 36: 36-42.
29. Fahmy AE, Farrag NM. Microleakage and shear punch bond strength in class II primary molars cavities restored with low shrink silorane based versus methacrylate based composite using three different techniques. *J Clin Pediatr Dent.* 2010; 35: 173-81.

30. Mickenautsch S, Mount G, Yengopal V. Therapeutic effect of glass-ionomers: an overview of evidence. *Aust Dent J.* 2011; 56: 10-5.
31. Sidhu SK. Glass-ionomer cement restorative materials: a sticky subject? *Aust Dent J.* 2011; 56: 23-30.
32. Almuammar MF, Schulman A, Salama FS. Shear bond strength of six restorative materials. *J Clin Pediatr Dent.* 2001; 25: 221-5.
33. Kleverlaan CJ, Van Duinen RNB, Feilzer AJ. Mechanical properties of glass ionomer cements effected by curing methods. *Dent Mater.* 2004; 20: 45-50.
34. Saito S, Tosaki S, Hirota K. Characteristics of glass-ionomer cements in advances in glass- ionomer cements, ed. Davidson CL, Mjör IA. Quintessence Publishing Co, Inc. Chicago, Berlin, Tokyo, Barcelona, Sao Paulo, Moscow, Prague and Warsaw, 1999.
35. Smith DC. Development of glass-ionomer cement systems. *Biomaterials.* 1998; 19: 467-78.
36. Mount GJ. Description of glass ionomer cements in Dunitz M. An atlas of glass ionomer cements: a clinicians guide, 2th ed, London, 1994.
37. Mc Donald RE, Avery DR, Dean JA. *Dentistry For The Child and Adolescent.* 8th ed, Mosby, St Louis-USA, 2004
38. Mathis RS, Ferracane JL. Properties of a glass ionomer/resin composite hybrid material. *Dent Mater.* 1989; 5: 355-58.
39. Leirskar J, Nordbo H, Mount GJ, Ngo H. The influence of resin coating on the shear punch strength of a high strength auto-cure glass ionomer. *Dent Mater.* 2003; 19: 87-91.
40. Botelho MG. Inhibitory effects on selected oral bacteria of antibacterial agents incorporated in a glass ionomer cement. *Caries Res.* 2003; 37: 108-14.
41. Frankenberger R, Sindel J, Kramer N. Viscous glass-ionomer cements. A new alternative to amalgam in primary dentition. *Qint Int.* 1997; 28: 667-76.

42. Burke FJ, Fleming GJ, Owen FJ, Watson DJ. Materials for restoration of primary teeth:2. Glass ionomer derivatives and compomers. Dent Update. 2002; 29: 10-4.
43. França MTC, Bolinelli A, Seabra BGM, Rodrigues CC, Navarro MFL. One year evaluation of ART technique. J Dent Res. 1998; 77: 636-38.
44. Mandari GJ, Truin GJ, Vant Hof MA, Frencken JE. Effectiveness of three minimal intervention approaches for managing dental caries: survival of restorations after 2 years. Caries Res. 2001; 35: 90-4.
45. Germian H, Meiers JC. Surface roughness of light-activated glass-ionomer cement restorative materials after finishing. Oper Dent. 1996; 21: 223-29
46. Vaikuntam J. Resin-modified glass ionomer cements. Implications for use in pediatric dentistry. J Dent Child. 1997; 13: 131-34.
47. Mc Lean JW, Nicholson JW, Wilson AD. Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. Quint Int. 1994; 25: 305-10.
48. Croll TP, Helphin MI. Class II vitremer restoration of primary molars. Dent Child. 1995; 62: 17-21.
49. Marquezan M, Fagundes TC, Toledano M, Navarro MF, Osorio R. Differential bonds degradation of two resin-modified glass-ionomer cements in primary and permanent teeth. J Dent. 2009 ;37: 857-64.
50. Christensen GJ. Restoration of pediatric posterior teeth. JADA. 1997; 127: 106-08.
51. Megit FYA, Salama FS. Shear bond strength of Dyract compomer material to dentin of primary molars. J Clin Pediatr Dent. 1997; 21: 305-10
52. Kramer N, Frankenberger R. Compomers in restorative therapy of children: a literature review. Int J Paediatr Dent. 2007; 17: 2-9.

53. Abate PF, Bertachini SM, Pollack MA, Machi RL. Adhesion of compomer to dental structures. *Qint Int.* 1997; 28: 509-12.
54. Kitty MY, Stephan HY. Clinical evaluation of compomer in primary teeth: 1-year results. *JADA.* 1997; 128: 1088-96.
55. Peters TCRB, Roberts J.M, Frankmolen FWA. Clinical evaluation of Dyract in primary molars: 1-year results. *Am J Dent.* 1996; 9: 83-87.
56. Kramer N, Garcia-Godoy F, Reinelt C, Frankenberger R. Clinical performance of posterior compomer restorations over 4 years. *Am J Dent.* 2006; 19: 61-6.
57. Cehreli ZC, Cetinguc A, Cengiz SB, Altan AN. Clinical performance of pulpotomized primary molars restored with resin-based materials. 24-month results. *Am J Dent.* 2006; 19: 262-6.
58. Rybachuk AV, Chekma IS, Nebesna TY. Nanotechnology and nanoparticles in dentistry. *Pharmacology and Pharmaceutics.* 2009; 18: 18-21.
59. Saravana KR, Vijayalakshmi R. Nanotechnology in dentistry. *Indian J Dent Res.* 2006; 17: 62-5.
60. Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Assoc.* 2003; 134: 1382-90.
61. Killian CM, Croll TP. Nano-ionomer tooth repair in pediatric dentistry. *Pediatr Dent.* 2010; 32: 530-5.
62. Ilie N, Hickel R. Investigations on mechanical behaviour of dental composites. *Clin Oral Investig.* 2009; 13: 427-38.
63. Croll TP. Nanofilled resin-modified glass ionomer restorative cement. *Contemp Esthet.* 2007; 11: 14-7.
64. Roberts TA, Miyai K, Ikemura K, Fuchigami K, Kitamura T. Fluoride ion sustained release preformed glass ionomer filler and dental compositions containing the same. United states. Patent No. 5,883,153; 1999 in Ikemura K, Tay FR, Endo T, Pashley DH. A review of chemical-

approach and ultramorphological studies on the development of fluoride-releasing dental adhesives comprising new pre-reacted glass ionomer (PRG) fillers. Dent Mater J. 2008; 27: 315-39.

65. Wilson NH, Gordan VV, Brunton PA, Wilson MA, Crisp RJ, Mjor IA. Two-centre evaluation of a resin composite/ self-etching restorative system: three-year findings. J Adhes Dent. 2006; 8: 47-51.

66. Chitnis D, Dunn WJ, Gonzales DA. Comparison of in-vitro bond strengths between resin-modified glass ionomer, polyacid-modified composite resin, and giomer adhesive systems. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2006; 129: 11-6.

67. De Moor RJ, Verbeeck RM, De Maeyer EA. Fluoride release profiles of restorative glass ionomer formulations. Dent Mater. 1996; 12: 88-95.

68. Wiegand A, Buchalla W, Attin T. Review on fluoride-releasing restorative materials--fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. Dent Mater. 2007; 23: 343-62

69. De Moor RJ, Verbeeck RM. Effect of encapsulation on the fluoride release from conventional glass ionomers. Dent Mater. 2002; 18: 370-5.

70. Bek B, Gülmez A. Konvansiyonel ve rezin modifiye cam iyonomer simanlarda florid salınımı. G Ü Dişhek Fak Derg 2001; 18: 45-51.

71. Cassella RJ, Filho HCA, Júnior AIS, Cruz MB, Campos MD. Determination of Total Fluoride in Oral Products by Using of Potentiometry With Ion Selective Electrode: A Critical Study. Analytical Letters. 2000; 33: 819-29.

72. Öğüt F. Diş minesine çeşitli ortamların etkisi ve florür tayini. Yüksek Lisans Tezi Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi; 2006.

73. Fejerskov O, Ekstrand J, Burt BA. Fluoride in dentistry. Copenhagen: Munksgaard; 1996.
74. Vogel GL, Carey CM, Chow LC, Ekstrand J. Fluoride analysis in nanoliter- and microliter-size fluid samples. J Dent Res 1990; 69: 556-7.
75. Ophaug R. Determination of fluorine in biological materials: reaction paper. Adv Dent Res 1994; 8: 87-91.
76. Ertürk MSÖ. Florozisli ve sağlıklı süt ve daimi dişlerde fluor miktarının ve dentin geçirgenliğinin in vitro karşılaştırılması. Doktora tezi. Isparta: Süleyman Demirel üniversitesi; 2006.
77. Itota T, Carrick TE, Rusby S, Al-Naimi OT, Yoshiyama M, McCabe JF. Determination of fluoride ions released from resin-based dental materials using ion-selective electrode and ion chromatograph. J Dent. 2004; 32: 117-22.
78. St Germain HA Jr, Meiers JC. Surface roughness of light-activated glass-ionomer cement restorative materials after finishing. Oper Dent. 1996; 21: 103-9
79. Yılmaz B, Özyurt P. Cam iyonomer simanların yüzey pürüzlülüğü üzerine farklı bitirme tekniklerinin etkinliğinin değerlendirilmesi. T Klin Diş Hek Bil.1999; 5: 118-25.
80. Leitao J, Hegdanl T. On the measuring of roughness. Acta Odontol Scand 1984; 39: 379-83.
81. Using glass ionomers. Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment. J Am Dent Assoc. 1990; 12: 181-8.
82. Kimyai S, Savadi-Oskoe S, Ajami AA, Sadr A, Asdagh S. Effect of three prophylaxis methods on surface roughness of giomer. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2011; 16: e110-4.
83. Neme AL, Frazier KB, Roeder LB, Debner TL. Effect of prophylactic polishing protocols on the surface roughness of esthetic restorative materials. Oper Dent. 2002; 27: 50-8.

84. McCabe JF, Walls AWG. Adhesive Restorative Materials: Bonding of Resin-Based Materials In: McCabe JF, Walls AWG, editor. Applied Dental Materials. Cambridge: Blackwell Science; 1998.

85. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, Pashley DH. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength--evaluation of a micro-tensile bond test. Dent Mater. 1994; 10: 236-40.

86. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. Oper Dent. 2003; 28: 215-35.

87. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. Dent Mater. 1995; 11: 117-25.

88. Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. Dent Mater. 1998; 14: 212-21.

89. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, De Munck J. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. Dent Mater. 2010; 26: e100-21.

90. Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y, et al. The microtensile bond test: a review. J Adhes Dent 1999; 1: 299-309.

91. Cehreli ZC, Akca T, Altay N. Bond strengths of polyacid-modified resin composites and a resin-modified glass-ionomer cement to primary dentin. Am J Dent. 2003; 16: 47-50.

92. Kamijo K, Mukai Y, Tominaga T, Iwaya I, Fujino F, Hirata Y, Teranaka T. Fluoride release and recharge characteristics of denture base resins containing surface pre-reacted glass-ionomer filler. Dent Mater J. 2009; 28: 227-33.

93. Burke FM, Ray NJ, McConnell RJ. Fluoride-containing restorative materials. *Int Dent J.* 2006; 56: 33-43
94. Attar N, Turgut MD. Fluoride release and uptake capacities of fluoride-releasing restorative materials. *Oper Dent.* 2003; 28: 395-402.
95. Preston AJ, Agalamanyi EA, Higham SM, Mair LH. The recharge of esthetic dental restorative materials with fluoride in vitro-two years' results. *Dent Mater.* 2003; 19: 32-7.
96. Arisu HD, Bala O, Üçtaşlı MB, Kalaycı Ş. Cam iyonomer siman ve poliasit modifiye kompozit rezinlerin fluorid salma özellikleri. *GÜ Diş Hek Fak Derg.* 2007; 24: 157-61.
97. Kuhn AT, Winter GB, Tan WK. Dissolution rates of silicate cements. *Biomaterials.* 1982; 3: 136-44.
98. Williams JA, Billington RW, Pearson GJ. A long term study of fluoride release from metal-containing conventional and resin-modified glass-ionomer cements. *J Oral Rehabil.* 2001; 28: 41-7.
99. el Mallakh BF, Sarkar NK. Fluoride release from glass-ionomer cements in de-ionized water and artificial saliva. *Dent Mater.* 1990 ;6: 118-22.
100. McCabe JF. Resin-modified glass-ionomers. *Biomaterials.* 1998; 19: 521-7.
101. Dijkman GE, Arends J. Secondary caries in situ around fluoride-releasing light-curing composites: a quantitative model investigation on four materials with a fluoride content between 0 and 26 vol%. *Caries Res.* 1992; 26: 351-7.
102. Tam LE, Chan GP, Yim D. In vitro caries inhibition effects by conventional and resin-modified glass-ionomer restorations. *Oper Dent.* 1997; 22: 4-14.
103. Eliades G, Kakaboura A, Palaghias G. Acid-base reaction and fluoride release profiles in visible light-cured polyacid-modified composite restoratives (compomers). *Dent Mater.* 1998; 14: 57-63.

104. Verbeeck RM, De Maeyer EA, Marks LA, De Moor RJ, De Witte AM, Trimpeneers LM. Fluoride release process of (resin-modified) glass-ionomer cements versus (polyacid-modified) composite resins. *Biomaterials*. 1998; 19: 509-19.
105. Attar N, Onen A. Fluoride release and uptake characteristics of aesthetic restorative materials. *J Oral Rehabil*. 2002; 29: 791-8.
106. Gjorgievska E, Nicholson JW, Gjorgovski I, Iljovska S. Aluminium and fluoride release into artificial saliva from dental restoratives placed in teeth. *J Mater Sci Mater Med*. 2008; 19: 3163-7.
107. Forsten L. Fluoride release and uptake by glass-ionomers and related materials and its clinical effect. *Biomaterials*. 1998; 19: 503-8.
108. Xu X, Burgess JO. Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials*. 2003; 24: 2451-61.
109. Akbay Oba A, Aras Ş. Fuji II LC ve F2000'in fluor iyonu salınımı ve yeniden yükleme özelliğinin değerlendirilmesi. *A Ü Diş Hek Fak Derg*. 2004; 31: 43-53.
110. Itota T, Okamoto M, Sato K, Nakabo S, Nagamine M, Torii Y, Inoue K. Release and recharge of fluoride by restorative materials. *Dent Mater J*. 1999; 18: 347-53.
111. Han L, Cv E, Li M, Niwano K, Ab N, Okamoto A, Honda N, Iwaku M. Effect of fluoride mouth rinse on fluoride releasing and recharging from aesthetic dental materials. *Dent Mater J*. 2002; 21: 285-95.
112. Stephan KW. Fluoride toothpastes, rinses and tablets. *Adv Dent Res*. 1994; 8: 185-89.
113. Qgaard B, Seppa L, Rolla G. Professional topical fluoride applications. Clinical efficacy and mechanism of action. *Adv Dent Res*. 1994; 8: 190-201.

114. Creanor SL, Carruthers LMC, Saunders WP, Strang R, Foye RH. Fluoride uptake and release characteristics of glass ionomer cements. *Caries Res.* 1994; 28: 322-28.
115. Yip HK, Smales RJ. Fluoride release and uptake by aged resin modified glass ionomers and a polyacid modified resin composite. *Int Dent J.* 1999; 49: 217-25.
116. Gao W, Smales RJ. Fluoride/uptake of conventional and resin modified glass ionomers, and compomers. *J Dent.* 2001; 29: 301-06.
117. Weitman RT, Eames WB. Plaque accumulation on composite surfaces after various finishing procedures. *J Am Dent Assoc* 1975; 91: 101-6.
118. Senawongse P, Pongprueksa P. Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. *J Esthet Restor Dent.* 2007; 19: 265-73.
119. Shintani H, Satou J, Satou N, Hayashihara H, Inoue T. Effects of various finishing methods on staining and accumulation of *Streptococcus mutans* HS-6 on composite resins. *Dent Mater* 1985; 1: 225-7.
120. Bagheri R, Burrow MF, Tyas MJ. Surface characteristics of aesthetic restorative materials - an SEM study. *J Oral Rehabil.* 2007; 34: 68-76
121. Minami H, Hori S, Kurashige H, Murahara S, Muraguchi K, Minesaki Y, Tanaka T. Effects of thermal cycling on surface texture of restorative composite materials. *Dent Mater J.* 2007; 26: 316-22.
122. Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T. Evaluation of flowable resin composite surfaces eroded by acidic and alcoholic drinks. *Dent Mater J.* 2008; 27: 455-65.
123. Wongkhantee S, Patanapiradej V, Maneenut C, Tantbirojn D. Effect of acidic food and drinks on surface hardness of enamel, dentine, and tooth-coloured filling materials. *J Dent.* 2006; 34: 214-20.

124. Han L, Ishizaki H, Fukushima M, Okiji T. Morphological analysis of flowable resins after long-term storage or surface polishing with a mini-brush. *Dent Mater J.* 2009; 28: 277-84.
125. Abu-Bakr NH, Han L, Okamoto A, Iwaku M. Effect of alcoholic and low-pH soft drinks on fluoride release from compomer. *J Esthet Dent.* 2000; 12: 97-104.
126. de A Silva MF, Davies RM, Stewart B, DeVizio W, Tonholo J, da Silva Júnior JG, Pretty IA. Effect of whitening gels on the surface roughness of restorative materials in situ. *Dent Mater.* 2006; 22: 919-24.
127. Osorio E, Osorio R, Toledano M, Quevedo-Sarmiento J, Ruiz-Bravo A. Influence of different resin-based restorative materials on mutans streptococci adhesion. An in vitro study. *Am J Dent.* 2010; 23: 275-8.
128. Gregg T, Mace S, West NX, Addy M. A study in vitro of the abrasive effect of the tongue on enamel and dentine softened by acid erosion. *Caries Res.* 2004; 38: 557-60.
129. Attin T, Zirkel C, Hellwig E. Brushing abrasion of eroded dentin after application of sodium fluoride solutions. *Caries Res.* 1998; 32: 344-50.
130. Endo T, Finger WJ, Kanehira M, Utterodt A, Komatsu M. Surface texture and roughness of polished nanofill and nanohybrid resin composites. *Dent Mater J.* 2010; 29: 213-23.
131. Rodriguez JM, Curtis RV, Bartlett DW. Surface roughness of impression materials and dental stones scanned by non-contacting laser profilometry. *Dent Mater.* 2009; 25: 500-5.
132. Joniot S, Salomon JP, Dejou J, Grégoire G. Use of two surface analyzers to evaluate the surface roughness of four esthetic restorative materials after polishing. *Oper Dent.* 2006; 31: 39-46.
133. Grossman ES, Rosen M, Cleaton-Jones PE, Volchansky A. Scientific surface roughness values for resin based materials. *SADJ.* 2004; 59: 274-9.

134. Karahanlı IA. Farklı yüzey işlemleri uygulanmış alaşım gruplarına bakteri tutunmasının in vitro olarak değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2002.

135. İnan H, Tamam E, Bağış B. Tam protezlerde kullanılan farklı kaide materyallerinin yüzey pürüzlülüğü yönünden in vitro incelenmesi. SÜ Diş Hek Fak Derg. 2008; 17: 171-6.

136. Shabaniyan M, Richards LC. In vitro wear rates of materials under different loads and varying pH. J Prosthet Dent. 2002; 87: 650-6.

137. Kitchens M, Owens BM. Effect of carbonated beverages, coffee, sports and high energy drinks, and bottled water on the in vitro erosion characteristics of dental enamel. J Clin Pediatr Dent. 2007; 31: 153-9.

138. Owens BM, Kitchens M. The erosive potential of soft drinks on enamel surface substrate: an in vitro scanning electron microscopy investigation. J Contemp Dent Pract. 2007; 8: 11-20.

139. Barbour ME, Parker DM, Allen GC, Jandt KD. Human enamel dissolution in citric acid as a function of pH in the range 2.30 < or = pH < or = 6.30--a nanoindentation study. Eur J Oral Sci. 2003; 111: 258-62.

140. Eisenburger M, Addy M, Rossbach A. Acidic solubility of luting cements. J Dent. 2003; 31: 137-42.

141. Hughes JA, West NX, Parker DM, van den Braak MH, Addy M. Effects of pH and concentration of citric, malic and lactic acids on enamel, in vitro. J Dent 2000; 28: 147-52.

142. Eisenburger M, Addy M. Evaluation of pH and erosion time on demineralisation. Clin Oral Invest 2001; 5: 108-11.

143. Wilder AD Jr, Swift EJ Jr, May KN Jr, Thompson JY, McDougal RA. Effect of finishing technique on the microleakage and surface texture of resin-modified glass ionomer restorative materials. J Dent. 2000; 28: 367-73.

144. Mount G, Dunitz M. An atlas of glass ionomer cements. London: Martin Dunitz; 1990.
145. Wan AC, Yap AU, Hastings GW. Acid-base complex reactions in resin-modified and conventional glass ionomer cements. *J Biomed Mater Res.* 1999; 48: 700-4
146. Mueller J, Yang F, Neumann K, Kielbassa AM. Surface tridimensional topography analysis of materials and finishing procedures after resinous infiltration of subsurface bovine enamel lesions. *Quintessence Int.* 2011; 42: 135-47.
147. Woolford MJ: Finishing glass polyalkeonate (glass ionomer) cements. *Br Dent J* 1988; 165: 395-98.
148. Inokoshi S, Burrow MF, Kataumi M, Yamada T, Takatsu T. Opacity and color changes of tooth-colored restorative materials. *Oper Dent.* 1996; 21: 73-80.
149. Yap AU, Lye KW, Sau CW. Surface characteristics of tooth-colored restoratives polished utilizing different polishing systems. *Oper Dent.* 1997; 22: 260-5.
150. Watanabe T, Miyazaki M, Moore BK. Influence of polishing instruments on the surface texture of resin composites. *Quintessence Int.* 2006; 37: 61-7.
151. Knibbs PJ, Pearson GJ. Finishing glass-ionomer cement. A scanning electron microscope examination of the surface of an anhydrous glass-ionomer cement in vivo. *Br Dent J.* 1984; 157: 398-400.
152. Koupis NS, Marks LA, Verbeeck RM, Martens LC. Review: finishing and polishing procedures of (resin-modified) glass ionomers and compomers in paediatric dentistry. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2007; 8: 22-8.
153. Pedrini D, Candido MS, Rodrigues AL. Analysis of surface roughness of glass-ionomer cements and compomer. *J Oral Rehabil.* 2003; 30: 714-9.

154. Fukazawa M, Matsuya S, Yamane M. The mechanism for erosion of glass-ionomer cements in organic-acid buffer solutions. *J Dent Res.* 1990; 69: 1175-9.
155. Fukazawa M, Matsuya S, Yamane M. Mechanism for erosion of glass-ionomer cements in an acidic buffer solution. *J Dent Res.* 1987; 66: 1770-4.
156. Salz U, Bock T. Testing adhesion of direct restoratives to dental hard tissue - a review. *J Adhes Dent.* 2010; 12: 343-71.
157. Ozer F, Unlü N, Sengun A. Influence of dentinal regions on bond strengths of different adhesive systems. *J Oral Rehabil.* 2003; 30: 659-63.
158. El-Kalla I, Garcia-Godoy F. Bond strength and interfacial micromorphology of compomers in primary and permanent teeth. *Int J Ped Dent.* 1998; 8: 103-14.
159. Burrow MF, Nopnakeepong U, Phrukkanon S. A comparison of microtensile bond strengths of several dentin bonding systems to primary and permanent dentin. *Dent Mater.* 2002; 18: 239-45.
160. Pereira LC, Nunes MC, Dibb RG, Powers JM, Roulet JF, Navarro MF. Mechanical properties and bond strength of glass-ionomer cements. *J Adhes Dent.* 2002; 4: 73-80.
161. Kleverlaan CJ, van Duinen RN, Feilzer AJ. Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. *Dent Mater.* 2004; 20: 45-5.
162. McDonough WG, Antonucci JM, He J, Shimada Y, Chiang MY, Schumacher GE, Schultheisz CR. A microshear test to measure bond strengths of dentin-polymer interfaces. *Biomaterials.* 2002; 23: 3603-8.
163. Hara AT, Pimenta LA, Rodrigues AL Jr. Influence of cross-head speed on resin-dentin shear bond strength. *Dent Mater.* 2001; 17: 165-9.
164. Tanumiharja M, Burrow MF, Tyas MJ. Microtensile bond strengths of seven dentin adhesive systems. *Dent Mater.* 2000; 16: 180-7.

165. Tanumiharja M, Burrow MF, Tyas MJ. Microtensile bond strengths of glass ionomer (polyalkenoate) cements to dentine using four conditioners. *J Dent.* 2000; 28: 361-6.
166. Versluis A, Tantbirojn D, Douglas WH. Why do shear bond tests pull out dentin? *J Dent Res.* 1997; 76: 1298-307.
167. Kanemura N, Sano H, Tagami J. Tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces. *J Dent.* 1999; 27: 523-30.
168. Yip HK, Tay FR, Ngo HC, Smales RJ, Pashley DH. Bonding of contemporary glass ionomer cements to dentin. *Dent Mater.* 2001; 17: 456-70.
169. Perinka L, Sano H, Hosoda H. Dentin thickness, hardness, and Ca-concentration vs bond strength of dentin adhesives. *Dent Mater.* 1992; 8: 229-33.
170. Burrow MF, Takakura H, Nakajima M, Inai N, Tagami J, Takatsu T. The influence of age and depth of dentin on bonding. *Dent Mater.* 1994; 10: 241-6.
171. Hewlett ER, Caputo AA, Wrobel DC. Glass ionomer bond strength and treatment of dentin with polyacrylic acid. *J Prosthet Dent.* 1991; 66: 767-72.
172. Betamar N, Cardew G, Van Noort R. Influence of specimen designs on the microtensile bond strength to dentin. *J Adhes Dent* 2007; 9: 159-68.
173. Goracci C, Sadek FT, Monticelli F, Cardoso PE, Ferrari M. Influence of substrate, shape, and thickness on microtensile specimens' structural integrity and their measured bond strengths. *Dent Mater* 2004; 20: 643-54.
174. Causton BE. Improved bonding of composite restorative to dentine. A study in vitro of the use of a commercial halogenated phosphate ester. *Br Dent J.* 1984; 156: 93-5.

175. Powis DR, Follerås T, Merson SA, Wilson AD. Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. *J Dent Res.* 1982; 61: 1416-22.
176. Tanumiharja M, Burrow MF, Cimmino A, Tyas MJ. The evaluation of four conditioners for glass ionomer cements using field-emission scanning electron microscopy. *J Dent.* 2001; 29: 131-8.
177. Barakat MM, Powers JM, Yamaguchi R. Parameters that affect in vitro bonding of glass-ionomer liners to dentin. *J Dent Res.* 1988; 67: 1161-3.
178. Berry EA 3rd, von der Lehr WN, Herrin HK. Dentin surface treatments for the removal of the smear layer: an SEM study. *J Am Dent Assoc.* 1987; 115: 65-7.
179. Tsunekawa M, Setcos JC, Usami Y, Iwaku M, Marshall SJ. A new light-activated adhesive composite: shear bond strength and microleakage. *Dent Mater.* 1992; 8: 234-7.
180. Cattani-Lorente MA, Godin C, Meyer JM. Early strength of glass ionomer cements. *Dent Mater.* 1993; 9: 57-62.
181. Shaffer RA, Charlton DG, Hermes CB. Repairability of three resin-modified glass-ionomer restorative materials. *Oper Dent.* 1998; 23: 168-72.
182. Yap AU, Lye KW, Sau CW. Effects of aging on repair of resin-modified glass-ionomer cements. *J Oral Rehabil.* 2000; 27: 422-7
183. Cardoso MV, Delmé KI, Mine A, Neves Ade A, Coutinho E, De Moor RJ, Van Meerbeek B. Towards a better understanding of the adhesion mechanism of resin-modified glass-ionomers by bonding to differently prepared dentin. *J Dent.* 2010; 38: 921-9.
184. Wang L, Sakai VT, Kawai ES, Buzalaf MA, Atta MT. Effect of adhesive systems associated with resin-modified glass ionomer cements. *J Oral Rehabil.* 2006; 33: 110-6.
185. Lien W, Vandewalle KS. Physical properties of a new silorane-based restorative system. *Dent Mater.* 2010; 26: 337-44.

186. Van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *J Dent.* 1998; 26: 1-20.
187. Baghdadi ZD. Bond strengths of Dyract AP compomer material to dentin of permanent and primary molars: phosphoric acid versus non-rinse conditioner. *J Dent Child (Chic).* 2003; 70: 145-52.
188. Prabhakar AR, Raj S, Raju OS. Comparison of shear bond strength of composite, compomer and resin modified glass ionomer in primary and permanent teeth: an in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2003; 21: 86-94.
189. Akbay Oba A, Aras Ş, Öztaş D. Fuji II LC ve F2000'in süt dişi mine dentinine adezyon özelliklerinin in vitro koşullarda karşılaştırılması. *G Ü Dişhek Fak Derg.* 2003; 20: 29-35.
190. Ikemura K, Tay FR, Kouro Y, Endo T, Yoshiyama M, Miyai K, Pashley DH. Optimizing filler content in an adhesive system containing pre-reacted glass-ionomer fillers. *Dent Mater.* 2003; 19: 137-46.
191. Sidhu SK, Sherriff M, Watson TF. Failure of resin-modified glass-ionomers subjected to shear loading. *J Dent.* 1999; 27: 373-81.
192. Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ. Effect of cross-sectional surface area on bond strengths between resin and dentin. *Dent Mater.* 1998; 14: 120-8.

10. TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimime başladığım ilk günden beri bana emek veren, desteğini ve yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Nurhan ÖZTAŞ'a,

Doktora hayatım boyunca örnek aldığım desteğini her zaman hissettiğim çok değerli hocam ve bölüm başkanım Prof. Dr. Tezer ULUSU'ya,

Tezimin kurgulanmasında büyük katkıları bulunan çok değerli hocam Prof. Dr. Firdevs TULGA ÖZ'e,

Bu zorlu yolculukta bana destek olan bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan Prof. Dr. Alev ALAÇAM başta olmak üzere, Prof. Dr. Neşe AKAL, Prof. Dr. Ayşegül ÖLMEZ, Prof. Dr. Özlem TULUNOĞLU, Doç. Dr. Haluk BODUR ve asistan arkadaşlarıma,

Katkılarından dolayı Prof. Dr. Mehmet TÜRKER ve Yrd. Doç. Dr. Aysel Berkkan'a,

Her zaman desteklerini hissettiğim Yrd. Doç. Dr. Çağdaş ÇINAR ve Yrd. Doç. Dr. Mesut Enes ODABAŞ'a,

Bu teze katkılarından dolayı Dr.Dt. Elif SUNGURTEKİN ve Dt. Ceren DEVECİ'ye,

Tez çalışmamda yanımda olan Dt. Ayşegül AYHAN'a ve beni sonuna kadar destekleyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

11. ÖZGEÇMİŞ

Adı : MEHMET

Soyadı : BANİ

Doğum Yeri ve Tarihi : TUFANBEYLİ / ADANA - 06.01.1983

Eğitimi

2005-2011: Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi - Doktora Eğitimi

2000-2005: Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi - Lisans Eğitimi

1997-2000: Adana Koleji - Orta Öğretim

Yabancı Dil

İngilizce

Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar

Türk Pedodonti Derneği Ankara Şubesi

Bilimsel Etkinlikleri

1- Katıldığı Bilimsel Kongreler

2011- 7th European Academy of Paediatric Dentistry Interim Seminar and Workshop. 31March-2 April, İstanbul/Turkey, 2011.

2011- 18. Türk Pedodonti Derneği Uluslararası Kongresi. 1-3 Nisan, İstanbul/Türkiye, 2011.

2010- 17. Türk Pedodonti Derneği Kongresi. 20-23 Mayıs, Midyat/Mardin, 2010.

2009- The 22nd Congress of the International Association of Paediatric Dentistry. 17-20 June, Munich/Germany, 2009.

2007- 15. Türk Pedodonti Derneği Kongresi.17-21 Ekim, Antalya, 2007.

2006- 6. Türk Pedodonti Derneği Ulusal Sempozyumu. 26-27 Mayıs, Isparta, 2006.

2-Ulusal ve Uluslararası Kongre Bildirileri

2011- Farklı pH seviyelerinin cam iyonomer içerikli restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğüne etkileri. 18. Türk Pedodonti Derneği Uluslararası Kongresi. 1-3 Nisan, İstanbul/Türkiye, 2011.

2011- Çocuklarda enjeksiyon ağrısının azaltılması: Yeni bir topikal anestezi tekniği. 18. Türk Pedodonti Derneği Uluslararası Kongresi. 1-3 Nisan, İstanbul/Türkiye, 2011.

2010- Süt Dişi Çekim Nedenlerinin Değerlendirilmesi. 17. Türk Pedodonti Derneği Kongresi. 20-23 Mayıs, Midyat/Mardin, 2010.

2010- Maksillofasiyal Travma: Bir Olgu Bildirimi. 17. Türk Pedodonti Derneği Kongresi. 20-23 Mayıs, Midyat/Mardin, 2010.

2009- Fluoride uptake from various fluoride-releasing restorative materials by bovine enamel in vitro. The 22nd Congress of the International Association of Paediatric Dentistry. 17-20 June, Munich/Germany, 2009.

2009- Evaluation of microhardness in bovine dentine adjacent to fluoride-releasing restorations. The 22nd Congress of the International Association of Paediatric Dentistry. 17-20 June, Munich/Germany, 2009.

2007- Travma olgularında risk faktörü olarak mesiodens. 15. Türk Pedodonti Derneği Kongresi. 17-21 Ekim, Antalya, 2007.

2007- Değişik polisaj sistemlerinin kompozit rezin materyallerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin değerlendirilmesi. 15. Türk Pedodonti Derneği Kongresi. 17-21 Ekim, Antalya, 2007.

2006- Dişlerde gecikmiş sürme, formasyon anomalileri ve oligodonti nedeniyle iki olgu bildirim ve multidisipliner tedavileri. 6. Türk Pedodonti Derneği Ulusal Sempozyumu. 26-27 Mayıs, Isparta, 2006.

3-Bilimsel Yayınlar

- 1- Alaçam A, Bani M. Mesiodens as a risk factor in treatment of trauma cases. Dent Traumatol. 2009; 25: e25-e31.
- 2- Bani M, Akal N. Papillon-LeFevre sendromu: 2 olgu sunumu. G Ü Diş Hek Fak Derg. 2009; 26: 117-23.
- 3- Bani M, Tezkirecioğlu AM, Akal N, Tüzüner T. Ectodermal Dysplasia: two cases reports. Eur J Dent . 2010; 4: 215-22.
- 4- Sungurtekin E, Bani M, Öztaş N. Mine pürüzlendirme yöntemleri. G Ü Diş Hek Fak Derg. 2009; 26: 189-94.