Dt. Zeynep KELEŞ TEPELİ

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

2025-ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ ANABİLİM DALI

ÜÇ FARKLI RESTORATİF MATERYALİN GÜMÜŞ FLORÜR UYGULANMIŞ ÇÜRÜK DENTİN DOKUSUNA BAĞLANTI DAYANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Dt. Zeynep KELEŞ TEPELİ

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Zülfikar Zahit ÇİFTÇİ

2025-ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ ANABİLİM DALI

ÜÇ FARKLI RESTORATİF MATERYALİN GÜMÜŞ FLORÜR UYGULANMIŞ ÇÜRÜK DENTİN DOKUSUNA BAĞLANTI DAYANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Dt. Zeynep KELEŞ TEPELİ

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Zülfikar Zahit ÇİFTÇİ

Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından TDH- 2025-6725 proje numarası ile desteklenmiştir.

2025-ANTALYA

ONAY SAYFASI

Dt. Zeynep Keleş Tepeli tarafından sunulan bu çalışma jürimiz tarafından **oy birliği/oy çokluğu** ile Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalında Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir. 08/09/2025

İmza

Üye : Doç Dr. Özge GÜNGÖR

Akdeniz Üniversitesi, Çocuk Diş Hekimliği ABD

Üye : Doç Dr. Zülfikar Zahit Çiftçi

Akdeniz Üniversitesi, Çocuk Diş Hekimliği ABD

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ÜNAL

Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi,
Çocuk Diş Hekimliği ABD

Bu tez, ……/……./……... tarih ve ……/…….. sayılı Yönetim Kurulu kararıyla belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Diş Hekimliği Fakültesi

Kurum Yöneticisi

ETİK BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı beyan ederim.

Dt. Zeynep KELEŞ TEPELİ

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ile tezimin tüm aşamalarında sabır ve özenle bana destek olan; değerli bilgi ve tecrübeleriyle bana yön veren, desteğini her daim hissettiren ve öğrencisi olduğum için kendimi şanslı hissettiğim, kıymetli hocam ve tez danışmanım Doç Dr. Zülfikar Zahit ÇİFTÇİ'ye,

Eğitimim süresince kendilerinden çok şey öğrendiğim, akademik bilgi birikimlerini ve klinik anlamda desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Hüseyin KARAYILMAZ ve Doç Dr. Özge GÜNGÖR'e,

Tez çalışmamda bilgi ve tecrübeleri ile rehberlik eden, yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer jüri hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ÜNAL'a,

Tez çalışmamda emeği geçen, bilgi ve desteği ile yol gösteren değerli hocam Uzm. Dr. Esra ÇİFTÇİ'ye,

Klinik tecrübeleri ile uzmanlık eğitimim boyunca bana destek olan Dr. Burcu YAĞMUR'a,

Uzmanlık sürecimi beraber yaşadığım sevgili eş kıdemlilerim Elif ÇAKIROĞLU, Ebru KURT, Günel MUSTAFAYEVA ile tezimin her aşamasında yardım ve destekleri ile yanımda olan çok değerli bölüm arkadaşlarım Ayşe CENGİZ, Çağla SÜYÜR, Merve ÇAM, Oğuzhan OGÜL, Sena Ceren BAŞTÜRK ve Beyza ÖZDEMİR ile mezun olan ve uzmanlık eğitimi devam eden diğer asistan arkadaşlarıma,

Bugünlere gelmemde en büyük emeği olan, hiçbir fedakarlığı esirgemeyen, sevgilerini, sabırlarını ve desteklerini daima yanımda hissettiğim babam İsmail Hakkı KELEŞ, annem Esra KELEŞ, var olduğu için canım kardeşim Bahadır KELEŞ'e ve manevi olarak her zaman yanımda olan, sabırla beni dinleyen ve desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Zehra KULAKOĞLU, Emine VURAN, İrem CEYLAN, Ecem YILMAZ ve Ezgi SEZGİN'e,

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi tez çalışmam süresince de sabrı, anlayışı ve varlığıyla yanımda olarak beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan yol arkadaşım Mehmet TEPELİ'ye,

en içten ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Zeynep Keleş Tepeli

Antalya, 2025

ÖZET

Amaç: Flor salınımı yapan üç farklı restoratif materyalin sağlam dentin, yapay çürüklü dentin ve yapay çürük + Gümüş Florür (GF) solüsyonu yapılan dentin yüzeylerine uygulandıktan sonra yaşlandırma işlemi yapılmış ve yapılmamış örneklerin makaslama bağlantı dayanımları ve meydana gelen kırık tipleri değerlendirilmiştir.

Yöntem: Çalışmada, 180 adet çekilmiş çürüksüz veya mine çürüklü süt azı dişi kullanılmıştır. Sağlam dentin, yapay çürüklü dentin, yapay çürük+GF solüsyonu uygulanmış dentin yüzeylerine üç farklı restoratif materyal (yüksek viskoziteli cam iyonomer siman, rezin modifiye cam iyonomer siman ve alkasit restoratif materyal) uygulanmış; restorasyonlar tamamlandıktan sonra tüm örneklerin yarısı 500 döngü (55±5°C) termal döngüye tabi tutulmuştur. Makaslama bağlantı dayanım değerleri ölçülen örneklerin, stereomikroskop altında kopma yüzeyleri incelenerek kırık tipleri belirlenmiştir. Her gruptan 1 örnek SEM analizi ile x100, x500, x1000, x2500 büyütme altında incelenmiştir.

Bulgular: Yaşlandırma yapılan ve yapılmayan gruplarda materyalden bağımsız olarak sağlam ve yapay çürüklü dentinde bağlantı dayanım değerleri benzer ($p>0,05$); GF uygulanan yapay çürüklü dentinde bağlantı dayanımı en düşük bulunmuştur ($p<0,05$). Sağlam ve yapay çürüklü dentinde Cention Forte, Fuji IX ve Fuji II LC'den anlamlı derecede yüksek değer göstermiştir ($p<0,05$). GF uygulanan grupta materyaller arasında fark yoktur. Sağlam ve yapay çürüklü dentinde Cention Forte diğerlerinden anlamlı derecede yüksektir ($p<0,05$). GF uygulanan grupta fark saptanmamıştır. Yaşlandırmanın etkisi açısından, sağlam dentinde Fuji IX ve Fuji II LC için yaşlandırılan, Cention Forte için yaşlandırılmayan örneklerde; yapay çürüklü dentinde Fuji IX ve Cention Forte için yaşlandırılmayan, Fuji II LC için yaşlandırılan örneklerde daha yüksek değerler görülmüştür. GF uygulanan grupta yalnızca Fuji II LC ve Cention Forte'de yaşlandırılmış/yaşlandırılmamış alt gruplar arasında fark bulunmuştur ($p<0,05$). Kırık tipleri çoğunlukla adeziv ve karma olup, gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Sonuç: Cention Forte erken ve geç dönemde sağlam dentin ve yapay çürüklü dentinde diğer cam iyonomerlere göre oldukça yüksek bağlantı dayanımı göstermiş olsa da GF solüsyonu sonrası bağlantı dayanımlarında anlamlı derecede düşüş yaşanmış; Fuji IX materyali GF solüsyonu uygulamasından en az etkilenen materyal olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Gümüş florür, süt dişi, alkasit, cam iyonomer, yapay çürük.

ABSTRACT

Objective: This study aimed to evaluate the shear bond strength and fracture types of three fluoride-releasing restorative materials. The materials were applied to sound dentin, artificially demineralized dentin, and artificially demineralized dentin that had been treated with silver fluoride (SF) solution, both with and without artificial aging.

Materials and Methods: Dentin from 180 extracted primary molars, either caries-free or with enamel caries, was used. Three restorative materials (a high-viscosity glass ionomer cement, a resin-modified glass ionomer cement, and an alkasite restorative material) were applied to sound dentin, artificially demineralized dentin, and artificially demineralized dentin treated with SF solution. Following restoration, half of the specimens in each group were subjected to 500 thermal cycles (55 ± 5 °C). Shear bond strength was measured, and fracture types were determined by examining the debonded surfaces under a stereomicroscope. Additionally, one specimen from each group was analyzed by SEM at magnifications of ×100, ×500, ×1000, and ×2500.

Results: In both aged and non-aged groups, irrespective of the restorative material, the bond strength values on sound and artificially demineralized dentin were similar ($p>0.05$); however, the lowest bond strength was observed in artificially demineralized dentin treated with silver fluoride ($p<0.05$). On sound and artificially demineralized dentin, Cention Forte exhibited significantly higher values than Fuji IX and Fuji II LC ($p<0.05$). No significant difference was found among the materials in the silver fluoride–treated group. Regarding the effect of aging, higher values were observed in aged specimens for Fuji IX and Fuji II LC, and in non-aged specimens for Cention Forte, when bonded to sound dentin. For artificially demineralized dentin, higher values were observed in non-aged specimens for Fuji IX and Cention Forte, and in aged specimens for Fuji II LC. In the silver fluoride–treated group, a significant difference between aged and non-aged subgroups was detected only for Fuji II LC and Cention Forte ($p<0.05$). Failure modes were predominantly adhesive and mixed, with no significant differences between groups ($p>0.05$).

Conclusion: Although Cention Forte demonstrated significantly higher bond strength compared to other glass ionomers on both sound and artificially demineralized dentin in both short- and long-term evaluations, its bond strength decreased significantly after SF application. Fuji IX was the least affected material by SF treatment.

Keywords: Silver fluoride, primary tooth, alkasite, glass ionomer, artificial caries.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR	v
ŞEKİLLER	vii
TABLOLAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Diş Çürüğü	3
2.1.1. Mine ve Mine Çürüğü	6
2.1.2. Dentin ve Dentin Çürüğü	8
2.2. Çocuklarda Çürük ve Yönetimi	11
2.2.1. Kavitasyon Oluşmamış Çürük Lezyonlarının Yönetimi	14
2.2.2. Kavitasyon Oluşmuş Çürük Lezyonlarının Yönetimi	26
2.3. Süt Dişlerinde Kullanılan Biyoaktif Restoratif Materyaller	34
2.3.1. Biyoaktif Kompozitler	35
2.3.2. Cam İyonomer Simanlar	40
2.4. Süt Dişi Dentini ve Süt Dişi Dentinine Bağlantı	46
2.5. Bağlantı Dayanım Testleri	48
2.6. Yapay Çürük Oluşturma Yöntemleri	50
2.6.1. Jel ile Yapay Çürük Oluşturulması	50
2.6.2. Mikrobiyolojik İnkübasyon Yöntemi ile Yapay Çürük Oluşturulması	50
2.6.3. Ph Döngüsü Yöntemi ile Yapay Çürük Oluşturulması	51
3. GEREÇ ve YÖNTEM	52
3.1. Etik Kurul Onayı	52
3.2. Çalışmada Kullanılacak Örneklerin Hazırlanması ve Çalışma Gruplarının Oluşturulması	52
3.3. Çalışma Protokolü	57
3.3.1. Yapay Çürük Oluşturulması	57
3.3.2. GF Solüsyonunun Uygulanması	57

3.3.3. Restoratif Materyallerin Uygulanması 58
3.3.4. Yaşlandırma İşleminin Uygulanması 60
3.3.5. Bağlantı Dayanım Testinin Uygulanması 61
3.3.6. Örneklerin Stereomikroskop Altında Görüntülenmesi 62
3.3.7. Örneklerin Taramalı Elektron Mikroskop Analizi (SEM) ile İncelenmesi 63
3.3.8. İstatistiksel Analiz 65
4. BULGULAR 66
4.1. Bağlantı Dayanımı Testi Sonuçları 66
4.1.1. Yaşlandırma İşlemi Yapılmayan Grupların Bağlantı Dayanımlarının Karşılaştırtılması 66
4.1.2. Yaşlandırma İşlemi Yapılan Grupların Bağlantı Dayanımlarının Karşılaştırtılması 71
4.1.3. Yaşlandırma İşleminin Materyallerin Bağlantı Dayanımı Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırılması 77
4.2. Stereomikroskop Görüntülerine Göre Kırılma Tipi Analizi 80
4.2.1. Yaşlandırma İşlemi Yapılmayan Grupların Kırık Tiplerinin İncelenmesi 80
4.2.2. Yaşlandırma İşlemi Yapılan Grupların Kırık Tiplerinin İncelenmesi 83
4.2.3. Yaşlandırma İşleminin Materyallerin Kırık Tipleri Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırılması 90
4.3. SEM Analizi Sonuçları 93
4.3.1. Yaşlandırma İşlemi Yapılmayan Örneklerden Elde Edilen SEM Görüntüleri 93
4.3.2. Yaşlandırma İşlemi Yapılan Örneklerden Elde Edilen SEM Görüntüleri 98
5. TARTIŞMA 103
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 135
KAYNAKLAR 138
EKLER
EK-1 Etik Kurul Onay Belgesi 163
ÖZGEÇMİŞ 164

SİMGELER ve KISALTMALAR

AAPD	American Academy of Pediatric Dentistry
AAS	Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
ADA	American Dental Association
APF	Asidüle Fosfat Florür
ART	Atravmatik Restoratif Tedavi
CPP-ACP	Kazein Fosfopeptit-Amorf Kalsiyum Fosfat
CİS	Cam İyonomer Siman
DEJ	Dentino Enamel Junction
DNA	Deoksiribonükleik Asit
EAPD	European Association of Pediatric Dentistry
EPS	Ekstraselüler Polisakkarit
EÇÇ	Erken Çocukluk Çağı Çürüğü
FDA	ABD Gıda ve İlaç Dairesi
FDI	Dünya Diş Hekimleri Federasyonu
GCİS	Geleneksel Cam İyonomer Siman
GDF	Gümüş Diamin Florür
GF	Gümüş Florür
GSH	Glutatyon
HA	Hidroksiapatit
HEMA	Hidroksietil Metakrilat
HF	Hidrojen Florür
KI	Potasyum İyodür
MFP	Sodyum monoflorofosfat
MMP	Matriks Metaloproteinaz
MPa	Megapaskal
NaF	Sodyum Florür
PÇK	Paslanmaz Çelik Kron
RMCİS	Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman
GMART	Gümüş ile Modifite Atravmatik Restoratif Tedavi

SEM	Taramalı Elektron Mikroskop
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
TCP	Trikalsiyum Fosfat
TEGDMA	Trietilenglikol-Dimetakrilat
UDMA	Üretan Dimetakrilat
USPHS	United States Public Health Service
YVCİS	Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Siman
mm	Milimetre
pH	Power of Hydrogen
sn	Saniye
µm	Mikrometre
%	Yüzde

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Stephan Eğrisi

Şekil 2.2 GDF Uygulaması Öncesi ve Sonrası Dişlerin Görünümü

Şekil 2.3 GMART Yönteminin Uygulama Basamakları

Şekil 2.4 Alkasit Restoratif Materyal

Şekil 2.5 Makaslama Bağlantı Dayanım Testi

Şekil 3.1 Dişlerin Gömülmesi için Hazırlanan Kalıp (A) ve Akril Bloklar (B)

Şekil 3.2 Elmas Diskli Kesme Cihazı

Şekil 3.3 Çalışma Gruplarının Dağılımı

Şekil 3.4 GF Solüsyonun Uygulanması

Şekil 3.5 Restorasyon Uygulamadan Önce Dairesel Kalıpların Yerleştirilmesi

Şekil 3.6 Kapsül Karıştırma Cihazı

Şekil 3.7 Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Siman

Şekil 3.8 Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman

Şekil 3.9 Alkasit Restoratif Materyal

Şekil 3.10 Termal Döngü Cihazı

Şekil 3.11 Çalışmada Kullanılan Örnekler

Şekil 3.12 Makaslama Bağlantı Test Cihazı

Şekil 3.13 Stereomikroskop ile Dentin Yüzeyinin Görüntülenmesi

Şekil 3.14 Ependorf Tüpleri (A) ve Etüve ve Ependorf Tüplerinin Yerleştirilmesi (B)

Şekil 3.15 Altın Kaplama İşlemi ve Öncesi (A) ve Sonrası (B) Örnekler

Şekil 3.16 SEM Cihazı

Şekil 4.1 Termal döngüye girmeyen sağlam dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların kırık tiplerinin dağılımı

Şekil 4.2 Termal döngüye girmeyen yapay çürüklü dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların kırık tiplerinin dağılımı

Şekil 4.3 Termal döngüye girmeyen yapay çürük+GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların kırık tiplerinin dağılımı

Şekil 4.4 Termal döngüye giren sağlam dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların kırık tiplerinin dağılımı

Şekil 4.5 Termal döngüye giren yapay çürüklü dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların kırık tiplerinin dağılımı

Şekil 4.6 Termal döngüye giren yapay çürük+GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların kırık tiplerinin dağılımı

Şekil 4.7 Yaşlandırma işlemi yapılmayan gruplarda görülen kırık tiplerinin dağılımı

Şekil 4.8 Yaşlandırma işlemi yapılan gruplarda görülen kırık tiplerinin dağılımı

Şekil 4.9 GF uygulanmamış dentin yüzeyinde (A) ve GF solüsyonu uygulanmış dentin yüzeyinde (B) adeziv kırık

Şekil 4.10 GF uygulanmamış (A) ve uygulanmış (B) dentin yüzeyinde koheziv kırık örnekleri

Şekil 4.11 GF uygulanmamış dentin yüzeyinde (A) GF solüsyonu uygulanmış dentin yüzeyinde (B) karma kırık

Şekil 4.12 Fuji IX materyalinin yaşlandırma işlemi yapılmayan sağlam dentin yüzeyine uygulanması sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Şekil 4.13 Fuji II LC materyalinin yaşlandırma işlemi yapılmayan sağlam dentin yüzeyine uygulanması sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Şekil 4.14 Cention Forte materyalinin yaşlandırma işlemi yapılmayan sağlam dentin yüzeyine uygulanması sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Şekil 4.15 Fuji IX materyalinin yaşlandırma işlemi yapılmayan yapay çürüklü dentin yüzeyine uygulanması sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Şekil 4.16 Fuji II LC materyalinin yaşlandırma işlemi yapılmayan yapay çürüklü dentin yüzeyine uygulanması sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Şekil 4.17 Cention Forte materyalinin yaşlandırma işlemi yapılmayan yapay çürüklü dentin yüzeyine uygulanması sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Şekil 4.18 Fuji IX materyalinin yaşlandırma işlemi yapılmayan yapay çürük + GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Şekil 4.19 Fuji II LC materyalinin yaşlandırma işlemi yapılmayan yapay çürük + GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Şekil 4.20 Cention Forte materyalinin yaşlandırma işlemi yapılmayan yapay çürük + GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Şekil 4.21 Fuji IX materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan sağlam dentin yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Şekil 4.22 Fuji II LC materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan sağlam dentin yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Şekil 4.23 Cention Forte materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan sağlam dentin yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Şekil 4.24 Fuji IX materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan yapay çürüklü yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Şekil 4.25 Fuji II LC materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan yapay çürüklü yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Şekil 4.26 Cention Forte materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan yapay çürüklü yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Şekil 4.27 Fuji IX materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan yapay çürük + GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Şekil 4.28 Fuji II LC materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan yapay çürük + GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Şekil 4.29 Cention Forte materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan yapay çürük + GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1 Enfekte ve Etkilenmiş Dentin Arasındaki Farklar

Tablo 2.2 GDF Solüsyonunun Ticari Formları

Tablo 2.3 Cention N ve Cention Forte Uygulama Farklılıkları

Tablo 2.4 Süt Dişi Dentini ve Daimeli Diş Dentini Arasındaki Farklar

Tablo 4.1 Termal Döngüye Girmeyen Sağlam Dentin Yüzeylerine Uygulanan ve Restorasyonlardan Elde Edilen Ortalama Makaslama Bağlantı Dayanım Değerleri

Tablo 4.2 Termal Döngüye Girmeyen Yapay Çürüklü Dentin Varlığında Materyallerin Ortalama Makaslama Bağlantı Dayanım Değerleri

Tablo 4.3 Termal Döngüye Girmeyen Yapay Çürüklü GDF Solüsyonu Uygulanan Dentin Yüzeyine Yapılan Restorasyonların Ortalama Makaslama Bağlantı Dayanım Değerleri

Tablo 4.4 Termal Döngüye Girmeyen Farklı Dentin Yüzeylerine Yapılan Fuji IX Restorasyonların Ortalama Makaslama Bağlantı Dayanım Değerleri

Tablo 4.5 Fuji II LC materyalinin termal döngüye girmeyen farklı dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

Tablo 4.6 Cention Forte materyalinin termal döngüye girmeyen farklı dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

Tablo 4.7 Termal döngüye giren sağlam dentin yüzeyine yapılan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

Tablo 4.8 Termal döngüye giren yapay çürüklü dentin yüzeyine yapılan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

Tablo 4.9 Termal döngüye giren yapay çürük+GF solüsyonu yapılan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

Tablo 4.10 Fuji IX materyalinin termal döngüye giren farklı dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

Tablo 4.11 Fuji II LC materyalinin termal döngüye giren farklı dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

Tablo 4.12 Cention Forte materyalinin termal döngüye giren farklı dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

Tablo 4.13 Sağlam dentin yüzeylerine yapılan, termal döngüye giren ve girmeyen restorasyonların materyale göre ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

Tablo 4.14 Yapay çürüklü dentin yüzeylerine yapılan, termal döngüye giren ve girmeyen restorasyonların materyale göre ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

Tablo 4.15 Yapay çürüklü dentin yüzeylerine GF solüsyonu uygulanan, termal döngüye giren ve girmeyen restorasyonların materyale göre ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

1. GİRİŞ

Diş çürüğü, süt dişlenmeyle birlikte görülebilen enfeksiyöz, multifaktöriyel kronik bir hastalık olup; rutin olarak geleneksel yöntemlerle (döner aletler ve el aletleri kullanılarak) tedavi edilmektedir. Bu yöntem geri dönüşümsüz doku yıkımına sebep olmakla birlikte, uzun süre ve yüksek maliyet gerektirmektedir [(1)]. Ayrıca süt dişlerinin anatomik ve morfolojik yapıları geleneksel kavite preparasyonları için dezavantaj oluşturmaktadır [(2)]. Geleneksel tedavi yöntemlerinin, özellikle çocuk hastalarda ve erişim sıkıntısı yaşanan bölgelerde mümkün olmaması; sedasyon ve genel anestezi gibi farmakolojik yöntemlerin ise olası komplikasyonları ve her hastaya uygulanamaması nedeniyle sınırlı kalması, minimal invaziv tedavi yaklaşımlarının tercih edilmesine neden olmuştur [(3)]. Kavitasyon oluşmuş ve oluşmamış süt dişlerinde farklı yaklaşımlarla minimal invaziv tedaviyi sağlamak mümkün olmaktadır [(4)]. Kavitasyon oluşmamış çürük lezyonlarında minimal invaziv tedavilerin temel hedefi erken dönemde remineralizasyonu sağlamaya yönelik iken, kavitasyon oluşmuş lezyonlarda, doku bütünlüğü ve pulpanın canlılığının korunmasını sağlamak tedavinin temel hedefleri olarak bilinmektedir. Kavitasyon oluşmamış çürük lezyonlarında fissür örtücüler, rezin infiltrasyon ve remineralizasyon ajanlarının kullanılması gibi yöntemler mevcuttur [(5)]. Remineralizasyon ajanları genellikle yalnızca mine çürüğü gibi başlangıç düzeyinde kavitasyon oluşmamış lezyonların önlenmesinde etkili iken; yakın geçmişte koruyucu diş hekimliği uygulamaları arasında yerini alan ve yaygınlaşmaya başlayan Gümüş Diamin Florürid (GDF), dentin çürüklerinin de durdurulmasını ve remineralizasyonunu sağlayabilen bir ajan olarak bilinmektedir. Teknik göz önüne alındığında, GDF'nin çok küçük ve kooperasyon kurulamayan çocuklarda çürük tedavisinde kullanılması avantaj oluşturmaktadır [(6)]. Yakın zamanda yapılan çalışmalar sonucu GDF solüsyonu içeriğindeki taşıyıcı bileşik olan amonyağın birçok dezavantajı olduğu ortaya koyulmuştur. Bunun sonucunda taşıyıcı olarak su bazlı bileşiklerin kullanıldığı Gümüş Florid (GF) solüsyonu geliştirilmiştir [(7)]. Tüm avantajlarına rağmen GDF veya GF uygulaması, çürük lezyonunun ilerlemesini durdurabilir fakat dişlerin restore edilmediği bir yaklaşım olduğu için diş formunu veya çiğneme fonksiyonunu geri getirmemektedir [(8)]. Kavitasyon oluşmuş süt dişlerinde başvurulan minimal invaziv yaklaşımlar arasında parsiyel çürük uzaklaştırma, Hall Tekniği, Atravmatik Restoratif Tedavi (ART) gibi yöntemler

mevcuttur [9]. ART yöntemi, el aletleri ile çürüğün temizlenip, restoratif materyal ile restorasyonun tamamlanması prensibine dayanmaktadır [10]. ART yöntemi, geleneksel tedavinin uygulanamadığı hastalarda düşük maliyetli ve ağrısız bir alternatif sunarken, restorasyonların sınırlı ömrü ve sekonder çürük riskinin artması en önemli dezavantajlarıdır [11]. ART ve GDF uygulamalarının tek başlarına kullanıldıklarında ortaya çıkabilecek dezavantajlarını gidermek ve her iki yöntemin birlikte uygulanmasını mümkün kılmak amacıyla Gümüş Modifiyeli Atravmatik Restoratif Tedavi (GMART) yöntemi geliştirilmiştir. Bu yeni yöntem sayesinde GDF'nin antibakteriyel ve remineralizasyon sağlama etkinliğinden yararlanılırken, cam iyonomer siman ile restorasyon tamamlanır, ayrıca cam iyonomerin biyouyumluluğu ve flor salınımından da yararlanılmaktadır. Böylece yöntemin sadece çürüğü durdurmakla kalmadığı, aynı zamanda pulpa canlılığını korurken daha iyi mine remineralizasyon sağladığı da bildirilmiştir [12]. Literatür taraması yapıldığında, GMART yönteminde farklı iyon salınım yapabilen flor içerikli materyallerin bağlanma dayanımlarını karşılaştıran çalışmaların çok sınırlı olduğu görülmektedir. Bu tez çalışmasının amacı; flor içerikli üç farklı restoratif materyalin sağlam dentin, yapay çürüklü dentin ve GF uygulanmış yapay çürüklü dentin yüzeylerine farklı bekleme süreleri sonundaki bağlanma dayanımının karşılaştırılmasıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Diş Çürüğü

Diş çürükleri, diş plağı içindeki mikroorganizmalar tarafından besinsel karbonhidratların fermantasyonu ile üretilen organik asitlerin, diş yüzeyinde meydan getirdiği karmaşık bir demineralizasyon-remineralizasyon sürecini içermektedir [1]. Bu demineralizasyon-remineralizasyon sürecinin devamı ile kavitasyon oluşumuna kadar ilerleyen lokalize, posteruptif, patolojik bir süreç olarak tanımlanmakta ve en yaygın hastalıklardan biri olmaya devam etmektedir [13].

Yaygın olarak görülen çocukluk çağı hastalıklarından biri olan diş çürükleri, ağız bölgesinde meydana gelen ağrıların ve diş kayıplarının başlıca nedeni olarak bilinmektedir [14,15]. Dünya Sağlık Örgütü'nün 2022 yılında yayınladığı Küresel Ağız Sağlığı Raporu'nda, dünya nüfusunun üçte birinden fazlasının, tedavi edilmemiş diş çürükleri ile karşı karşıya olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca dünya çapında, süt dişlerinde tedavi edilmemiş çürüğü bulunan çocuk sayısının 514 milyon, daimi dişlerinde çürük görülen genç, yetişkin ve yaşlı birey sayısının ise 3,5 milyarı aştığı tahmin edilmektedir[16].

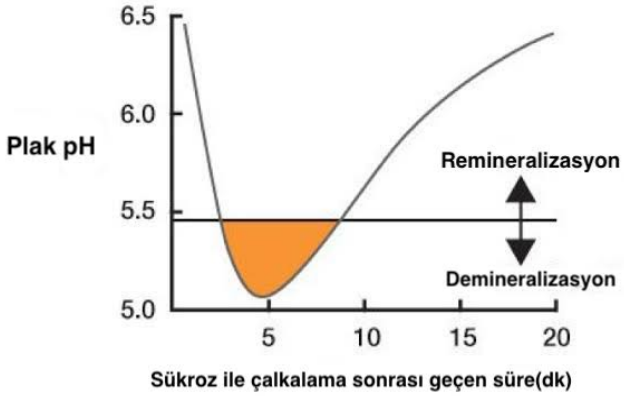
Diş çürüğü oluşumunda rol oynayan faktörler; konak (diş), çevresel etkenler, mikroorganizmalar ve zaman olmak üzere dört ana başlıkta değerlendirilmektedir. Dişe ait faktörler arasında, dişin morfolojisi, kimyasal yapısı ve ağız içindeki konumu önemli rol oynamaktadır. Çevresel faktörler, özellikle tükürük ve beslenme ile ilişkili olmaktadır. Tükürüğün bileşimi, miktarı, pH düzeyi, viskozitesi ve içerdiği antibakteriyel ürünler çürük oluşumunu doğrudan etkilemektedir. Alınan gıdaların yapısı ve içeriğinin de çürük oluşumu üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Ağız ortamındaki asit miktarını arttıran besinsel karbonhidratlar çürük oluşumunu meydana getirirken, şeker alkolleri, peynir ve tükürüğün tamponlama kapasitesini arttıran gıdalar ise çürük oluşumunu engelleyici rol oynamaktadır [17–19]. Plak bakterilerinin substrat alımından sonra asit üretmek için tutundukları yüzeyde belirli bir süre kalabilmelerine ihtiyaçları vardır, bu nedenle zaman da çürük oluşumunda doğrudan etkili olan faktörler arasında sayılmaktadır [1].

Diş çürüğü oluşumu, diş yüzeyinde pelikül yapısının oluşmasıyla başlamaktadır. Minede bulunan hidroksiapatit negatif yüklüdür ve çoğunlukla kalsiyumdan oluşan pozitif yüklü dış katmana sahiptir. Mine yüzeyindeki bu moleküller ile tükürükte bulunan negatif yüklü makromoleküller (sublingual ve submandibular bezlerden salınan sialik asit ile histatin ve statherin gibi prolin açısından zengin proteinler) arasında gerçekleşen etkileşim sonucunda pelikül oluşmaktadır. *Streptococcus Mitis (S. Mitis), S. Sanguinis, S. Oralis* ve *S. Gordonii* gibi streptokoklar, pelikül reseptörlerine bağlanma yetenekleri bulunduğu için bölgeye ilk kolonize olan bakterilerdir ve birincil veya erken kolonizer olarak da adlandırılmaktadırlar [(20)]. Daha sonra diğer streptokoklar ile Actinomyces, Corynebacterium, Rothia, Neisseria ve Haemophilus türleri gibi bakterilerin adezyonu meydana gelmekte ve bu bakterilere ikincil kolonizer bakteriler adı verilmektedir. Dental biyofilm, bu bakterilerin büyümesi ve çoğalmasıyla artar ve dental plağın erken evrelerinde mikrokoloniler oluşur. İlerleyen evrelerde, 'koagregasyon' yoluyla yeni bakteriler dental plağa eklenir ve Prevotella, Fusobacterium, anaerob streptokoklar ve Veillonella gibi daha fazla anaerob mikroorganizma plağa dahil olur. Dental plak, 24–48 saat içinde klinik olarak görünür hale gelir. Bu erken dönemdeki bakteri birikimleri genellikle kok şekilli bakterilerden oluşur ve az sayıda filamentöz uzantı içerir. Ancak ilerleyen evrelerde dental plak, filamentöz organizmaların baskın olduğu bir yapıya dönüşür [(21)].

Bakterilerin kolonizasyonu ve dental plak oluşumu bireyin sistemik durumu [(22)], oral hijyen alışkanlıkları ve beslenmesi gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Plaktaki bakterilerin salgıladığı glukoziltransferaz enzimleri, diyetle alınan şekerleri kullanarak ekstraselüler polisakkarit (EPS) üretimini katalize eder ve böylece plak matrisini güçlendirip bakterilerin diş yüzeyine tutunmasını kolaylaştırır. Bu nedenle özellikle fermente olabilen karbonhidratlar açısından zengin diyetler (özellikle sukroz), diş plağında bakteriyel kolonizasyonu arttırarak dental plak oluşumunu teşvik etmektedir.[(23)] Diş plağında bulunan bakterilerin bu gibi besinsel karbonhidratları fermente etmesi sonucunda meydana gelen asitler, normal şartlarda 6,7-7,4 olan tükürük pH'ını da düşürmektedir. Ortam pH'nın 5,5 ve altına düştüğü koşullarda minenin kristal yapısında çözünme meydana geldiği bilinmektedir [(24)]. Bu çözünme Hidroksiapatit yapısında bulunan inorganik kalsiyum (Ca) ve fosfat (PO_4) kristalleri ile organik matriks arasındaki elektrostatik bağlantının bozulması ile açıklanmaktadır.

Bu durum diş yüzeyinde mineral kaybına neden olmakta[25], bu nedenle pH'ın 5,5 olduğu durumlar 'kritik pH' olarak isimlendirilmektedir [26].

Stephan tarafından yapılan çalışmada, glukoz solüsyonu ile ağzın çalkalanmasından sonra 2-4 dakika içerisinde pH'nın, 6,5' den 5'e düştüğünü, 40 dakika sonra ise yavaş şekilde başlangıç pH değerine ulaştığını gösterilmiştir. Bu sonuç mikroorganizmaların karbonhidratları kullanarak ne kadar hızlı sürede asit oluşturabildiklerini göstermektedir [27]. Fermente edilebilen karbonhidratlar alındığında plak pH'ında görülen değişiklikler Stephan Eğrisi ile gösterilmiştir (Şekil 2.1) [28].



Şekil 2.1. Stephan Eğrisi

Tükürük, gıda alımından kaynaklanan pH değişimlerinin ve mineral kaybının önlenmesini sağlayan tamponlama sistemleri içermektedir. Bikarbonat, fosfat ve proteinlerinin temel tamponlar olarak işlev gördüğü pH 5 ile 7 arasında önemli bir aralık bulunmaktadır. Üre ve amonyak gibi diğer maddeler de tükürüğün tamponlama görevine katkıda bulunmaktadır [29,30]. Tükürüğün tamponlama kapasitesi, tükürük akış hızıyla doğrudan ilişkilidir [31]. Ayrıca tükürükte bulunan üre ve sialin gibi bileşikler, amonyak oluşumu yoluyla pH'ı yükseltmektedir. Mineral dengesi açısından da kritik rol oynayan tükürük, kalsiyum ve fosfat açısından doygun olmakla birlikte bu iyonları stabilize eden statherin gibi peptitler de içermektedir. Bu sayede, mine yüzeyinin sürekli remineralizasyonu desteklenmektedir[32]. Tükürük tamponlama kapasitesinin yetersiz kaldığı durumlarda demineralizasyon remineralizasyonun önüne geçmekte ve bu sürecin devamı doku yıkımının daha ileri boyutlara varmasına sebep olabilmektedir[25]. Demineralizasyon süreçleri başlangıç aşamasında geri döndürülebilir olmakla birlikte, bu dönemde klinik olarak yalnızca yüzey pürüzlülüğü veya renk değişikliği şeklinde izlenebilmektedir. Ancak, yeterli ağız hijyeninin

sağlanamaması ve erken evrede uygun tedavi edici yaklaşımların uygulanmaması durumunda, söz konusu lezyonlar dişin farklı dokularında değişen hızlarda ilerleme gösterebilmektedir [33]. Bu ilerleme, zamanla koronal veya kök yüzeylerinde mine, dentin ve sement dokularını etkileyerek kavitasyon oluşumuna kadar ilerleyen çürük lezyonlarının gelişimine zemin hazırlayabilmektedir [34–36].

2.1.1. Mine ve Mine Çürüğü

Kimyasal açıdan mine, yüksek oranda mineralize kristal yapıya sahip bir doku olmakla birlikte, mine dokusunun hacimsel olarak yaklaşık %90–92'sini kristal kafes yapısında bulunan hidroksiapatit kristalleri oluşturur. Daha düşük oranlarda çeşitli mineraller ve eser elementler de yapıda yer almaktadır. Geriye kalan kısım ise hacimce %1–2 oranında organik matris proteinlerinden ve %4–12 oranında sudan meydana gelmektedir[37]. Mine matriksindeki kolajen ve diğer organik bileşenlerin, mineralizasyon ve maturasyon süreçleri esnasında neredeyse tamamen ortadan kalktığı bilinmektedir[38]. Mine yapısının temelini oluşturan mine prizmaları ameloblastlar tarafından oluşturulmaktadır. Mine prizmalarının yapısal bütünlük ve dayanıklılığın korunmasında kritik bir rol üstlendiği bilinmektedir. Prizmaların içerisinde yer alan apatit kristalleri ise, nano boyutlu yapıları sayesinde minenin mekanik dayanıklılığını ve bütünlüğünü sağlayan temel unsurlardır. Mine sert ve yoğun bir yapı olmasına rağmen, belirli iyon ve moleküllere karşı geçirgenlik gösterebilmektedir. Bu moleküller; mine prizmalarının dış kılıfları, mine çatlakları ve hipomineralize, organik madde açısından zengin yapısal olarak kusurlu alanlar aracılığıyla daha derin dokulara yayılabilmektedir. Mine demetleri, komşu mine prizma grupları arasında yer alan hipomineralize interprizmatik yapılar olup, dentin-mine birleşiminden (DEJ) köken alarak kuronun uzun aksı doğrultusunda mine içerisine doğru uzanmaktadır. Bu yapılar, diş çürüğünün ilerlemesinde rol oynayabilmektedir. Mine lamelleri, mine prizma grupları arasında bulunan, mine yüzeyinden DEJ'ye doğru ve bazen dentine kadar uzanan ince, yaprak benzeri defektlerdir. Bu yapıların büyük ölçüde organik içerik taşıdığı ve bakterilerin dişe girişi ile çürük oluşumuna neden olabileceği bilinmektedir.

Mine çürüğünün en erken kanıtı beyaz nokta lezyonları olarak da bilinen başlangıç lezyonlarıdır. Başlangıç çürük lezyonları, yalnızca diş yüzeyi kurutulduğunda fark edilebilen, tebeşirimsi beyaz ve opak alanlar şeklinde gözlenen, henüz kavitasyonun

gelişmediği erken evre lezyonlardır. Bu lezyonlar genellikle dişlerin düz yüzeylerinde görülmektedirler. Bu alanlar, demineralizasyonun neden olduğu geniş yüzey altı pürüzlülük nedeniyle yarı saydamlıklarını kaybettiklerinden dolayı opak bir görünüme sahiptirler. Başlangıç mine lezyonlarında yüzey pürüzlülüğü bulunmazken, ilerleyen lezyonlarda normal mineden daha pürüzlü, düzensiz bir yüzey oluşmaktadır.

Başlangıç düzeyindeki mine çürüğü lezyonlarının remineralize olabildiği hem deneysel hem de klinik çalışmalarla ortaya konmuştur [39]. Tükürükten gelen kalsiyum ve fosfat iyonları, mine yüzeyine nüfuz ederek mine lezyonundaki demineralizasyon alanlarının yeniden remineralizasyonunu sağlayabilmektedir. Tükürüğün kalsiyum ve fosfat iyonları ile aşırı doygunluğu, remineralizasyon süreci için itici güç görevi görür. Remineralize olan mine yüzeyleri klinik olarak ya sağlam, pürüzsüz beyaz veya renksiz lezyon şeklinde ya da genellikle kahverengi veya siyah lekeler olarak görülebilmektedir.

Kavitasyon oluşmaya başlayan mine lezyonları, başlangıçta mine yüzeyinde hafif yüzey bozulmaları şeklinde gözlenmektedir. Bu lezyonlar sondlamaya karşı oldukça hassas olup, uygulanan sondlama kuvveti ile kolaylıkla genişleyebilmektedir. Daha ileri düzeyde kavitasyon gelişmiş mine lezyonları ise klinik olarak çok daha kolay tespit edilebilmektedir [37].

Mine demineralizasyonu, mine dentin sınırında bakteriyel kontaminasyon mevcutsa, bu sınır boyunca hızla yayılmaktadır. Bu yayılımın, mine dentin sınırında yüksek konsantrasyonda bulunan matriks metalloproteinazlardan (MMP) kaynaklandığı bildirilmiştir [40]. Dentin sınırına ulaşan çürük lezyonlarında, bakterilerin metabolik aktivitelerinin artması hassasiyet artışına neden olabilmektedir. Mine lezyonunun gövdesindeki artan demineralizasyon, yüzey minesinin zayıflamasına ve sonuçta kavitasyonun oluşmasına neden olur. Oluşan bu kavitasyon, karyojenik biyofilm için daha uygun bir tutunma yüzeyi oluşturarak lezyonun derine ilerlemesini hızlandırır. Mine-dentin birleşiminde çürük, her iki dokudan daha hızlı ilerlemekte olup, dentin içinde pulpaya doğru yönelen ve geniş tabanlı V şeklinde bir kesit oluşturmaktadır. Bu bölgeden lezyonun ilerlemesi çürüğün dentine geçişine neden olabilmektedir[41].

2.1.2. Dentin ve Dentin Çürüğü

Dentin, dişin yapısal olarak en büyük bölümünü oluşturmakta olup, yaklaşık %70 inorganik, %20 organik bileşen ve %10 sudan meydana gelmektedir. Organik matriksin yaklaşık %85–90'ını Tip I kolajen oluşturmaktadır. Geri kalan kolajen tipleri tip III ve V'i içerirken, organik matrisin kolajen olmayan kısmı büyük ölçüde dentin fosfoproteininden oluşur ve bu kısmın yaklaşık %50'sini oluşturduğu bilinmektedir. Dentinin inorganik bileşeni, ağırlıklı olarak hidroksiapatitten oluşmaktadır [(42)]. Hidroksiapatit kristalitlerinin diş yapısının organik bileşenleri içine gömülü olduğu ve bunlar tarafından örtüldüğü kabul edilmektedir. Kolajenin hidroksiapatit kafesini çevreleyen koruyucu bir protein kılıfı olarak işlev gördüğü bilinmektedir [(43)].

Dentin çürüğünün ilerleme mekanizması, dentinin yapısal özellikleri nedeniyle mine çürüğünden farklıdır. Dentin, mineden daha düşük oranda inorganik içeriğe sahiptir. Ayrıca tübüler yapısı nedeniyle hem bakterilerin geçişine hem de mineral kaybına açık halde olduğu bilinmektedir. Tübüllerin varlığı ve yönelimi, dentini asitlere karşı daha duyarlı kılmakta ve çürüğün bu dokuda daha hızlı ilerlemesine neden olmaktadır.

Pulpa dentin kompleksi, odontoblastların biyolojik aktivitesi ve dentinin demineralizasyon remineralizasyon kapasitesi sayesinde çürük ilerleme sürecine karşı yanıt verebilmektedir. Bu yanıt, lezyon henüz pulpa ile doğrudan temas etmeden önce bile ortaya çıkabilmektedir. Canlı pulpa ve yeterli kan dolaşımı varlığında dentin, düşük ve orta şiddetteki çürük lezyonlarına karşı intertübüler dentinin remineralizasyonu, peritübüler dentin birikimi ya da tamir (tersiyer) dentin oluşumu yoluyla savunma geliştirebilmektedir. Bu süreçte meydana gelen yapısal değişiklikler, çürüğün şiddetine ve pulpanın fonksiyonel yanıt kapasitesine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bununla birlikte, pulpal kan akımı bu savunma mekanizmasının en önemli sınırlayıcı faktörüdür. Hızla ilerleyen ve asit üretim potansiyeli yüksek çürük lezyonları, pulpanın savunma kapasitesini aşarak enfeksiyon, apse ve pulpa nekrozu gibi pulpal komplikasyonlara yol açabilmektedir.

Lezyon mine ile sınırlı olsa bile, pulpa dokusu inflamatuar hücreler sayesinde çürük yanıtı oluşturabilmektedir.[(44)] Bunun sonucunda oluşan yapılar, daha yüksek mineral içeriğine sahip sklerotik dentin olarak tanımlanmaktadır. Sklerotik dentin, tübülleri tıkayarak çürüğün ilerlemesini sınırlamaktadır. Bu yapının geçirgenliği, tübül çapındaki azalma nedeniyle normal dentine kıyasla önemli ölçüde azalmıştır.

Dentin çürüğü histopatolojik olarak incelendiğinde beş ayrı bölgeye sahip olup, bu bölgeler pulpadan dentine doğru Normal Dentin, Yarı Saydam (Subtransparant) Dentin, Saydam (Transparant) Dentin, Bulanık Dentin ve Enfekte Dentin şeklinde sıralanmaktadır.

Normal Dentin

Yalnızca Tome's liflerinin dejenerasyonu ile karakterize minimal değişikliklerin gözlemlendiği tabakadır. Odontoblastik uzantıların dejenerasyonu meydana gelmiştir ancak dentin genel olarak normal yapıdadır ve kolajen yapısı bozulmamıştır. Dentin çürüğünün en derin noktası olarak bilinmektedir.

Yarı Saydam (Subtransparant) Dentin

İntertübüler dentinin demineralizasyonu ile karakterize olan bölge olarak bilinmektedir. Dentin tübüllerinde kalsiyum tuzlarının birikimi sonucu skleroz gelişmiştir ve odontoblastik uzantılarda hasar gözlenmektedir. Bakteri invazyonu görülmemektedir, dolayısıyla bu dentin bölgesi remineralizasyon potansiyeline sahiptir.

Saydam (Transparant) Dentin

İntertübüler dentinde ileri derecede demineralizasyon sonucu dentin dokusu normal dentine göre daha yumuşak hale gelmiştir. Dentin tübüllerinin lümenleri içinde büyük hacimli kristallere rastlanmaktadır. Bu bölgenin uyarılması ağrıya neden olabilmektedir. Kolajen yapısı bozulmamıştır ve remineralizasyon potansiyeline sahiptir.

Bulanık Dentin

Bu bölge bakteriyel invazyon bölgesi olarak da tanımlanmaktadır, dentin tübülleri genişlemiş ve şekil bozukluğuna uğramış olup, dentin tübülleri bakteri istilasına uğramıştır. Demineralizasyon meydana gelmiştir ve geri dönüşü olmayan şekilde kolajen bağları denatüre olmuştur. Bu nedenle dentin kendini onaramamakta ve remineralize olamamaktadır. Bu bölge çürük temizliği esnasında uzaklaştırılmalıdır [45].

Enfekte Dentin

Mineye en yakın konumda bulunan bu bölge, asit ve enzimlerin etkisiyle tamamen yıkıma uğramış dentin tabakasıdır. Bu alanda dentin yapısı bütünlüğünü kaybetmiş

olup, mineral içermeyen kolajen matriks yoğun bakteri invazyonuna maruz kalmaktadır. Bu tabaka da çürük temizliği sırasında uzaklaştırılmalıdır [46].

Dentinin histopatolojik bölgeleri klinik olarak ayırt edilememekte, klinik olarak dentin, enfekte ve etkilenmiş dentin olarak ikiye ayrılmaktadır [47]. Sıklıkla normal dentin tamamen sağlıklı dentin yapısını içerirken, yarı saydam dentin klinik olarak karşımıza etkilenmiş dentin olarak çıkmaktadır. Bulanık dentinin bir kısmı etkilenmiş bir kısmı enfekte dentini içerirken, mineye en yakın olan enfekte dentin tabakası klinik olarak da enfekte dentin olarak isimlendirilen bölgeyi ifade etmektedir [48]. Enfekte ve etkilenmiş dentinin özellikleri ve arasındaki farklar Tablo 2.1'de [49–51] belirtilmiştir.

Tablo 2.1. Enfekte ve Etkilenmiş Dentin Arasındaki Farklar

Etkilenmiş Dentin	Enfekte Dentin
• Dentin çürüğünün iç tabakasında yer alır.	• Dentin çürüğünün dış tabakasını oluşturur.
• Klinik olarak enfekte dentine göre daha koyu renkte ve daha serttir.	• Klinik olarak sarı renkli ve oldukça yumuşaktır.
• Kısmen demineralizedir.	• Yüksek düzeyde demineralizedir.
• Demineralizasyon ve remineralizasyon döngüsüne maruz kalmıştır.	• Remineralizasyon yeteneği bulunmaz.
• Kolajen çapraz bağları kısmen korunmuştur, tekrar kazanılabilir niteliktedir.	• Kolajen fibrilleri ve odontoblast uzantıları geri dönüşümsüz olarak hasara uğramıştır.
• Asidürik bakteri oranı fazladır, proteolitik bakteri oranı düşüktür.	• Proteolitik bakteri oranı yüksektir, asidürik bakteri oranı daha düşüktür.
• Minimal düzeyde bakteri invazyonu içerir.	• Çok sayıda mikroorganizma içerir ve tamamen uzaklaştırılması gereklidir.
• Remineralize olabilme potansiyeline sahip olup, korunması önerilir.	• Organik ve inorganik yapısı tamamen bozulmuş, canlılığını yitirmiş bir dokudur.

2.2. Çocuklarda Çürük ve Çürük Yönetimi

Doğumda ağız boşluğu steril bir alan olarak kabul edilmekte, steril oral bölgede mikroorganizma kolonizasyonu iki yolla meydana gelmektedir. Bunlardan ilki ebeveynden çocuğa geçişi temsil eden vertikal bulaş, ikincisi çevresel bireylerden çocuğa aktarımın olduğu horizontal bulaştır [(52)]. Bu bulaş sürecine şeker içerikli gıdalarla karşılaşma, bireyin mikrobiyal çevreye uyum sağlama kapasitesi gibi faktörler eklendiğinde erken yaşta çürük oluşumu meydana gelebilmektedir [(53)].

Çocuklarda, özellikle serbest şeker tüketimi (gıdalara ve içeceklere eklenen şekerler ile bal, şurup, meyve suyu ve meyve konsantrelerinde doğal olarak bulunan şekerler gibi), çürük gelişiminde kritik bir rol oynamaktadır. Yaşamın ilk yılında diyette yer alan yüksek oranda şekerli gıda ve içecek tüketimi, ilerleyen yıllarda çocukluk çağı çürüklerinin görülme sıklığıyla direk ilişkilidir [(54)]. Ayrıca, 12. aydan sonra devam eden biberonla besleme veya emzirme, özellikle sık ve/veya gece boyunca yapıldığında, çürük riskini artırmaktadır [(55)]. Okul öncesi dönemde görülen çürükler yıllar içinde farklı isimlerle anılmış ve çeşitli etyolojik faktörlere bağlanmıştır. 1997 yılında düzenlenen "Erken Çocukluk Çağı Çürükleri Konferansı" öncesinde bu durum ilk olarak 1911 yılında “Comforter Caries”, 1962 yılında ise “Milk Bottle Mouth” olarak tanımlanmıştır [(56)]. Bu tanımlamalar çoğunlukla etiyolojide uygunsuz biberon kullanımına odaklanmıştır. Ancak günümüzde kullanılan "Erken Çocukluk Çağı (EÇÇ)" terimi, sadece biberonla beslenmeye değil; sıklıkla şeker tüketimi, diş yüzeyine tutunabilen bakteriler ve diğer çevresel faktörlerle ilişkilendirilen daha karmaşık bir etiyoloji tablosuna işaret etmektedir [(57)]. Güncel olarak EÇÇ, 71 ay ve altındaki çocuklarda bir veya daha fazla süt dişinde çürük, çürük nedeniyle kayıp veya restorasyon varlığı olarak tanımlanmaktadır [(58)].

Çürük dişlere sahip çocuklar ağrı nedeniyle yemek yeme ve konuşma güçlüğü yaşayabilmektedir. Ayrıca, çürük dişlerin varlığı, yetersiz beslenmeye bağlı olarak fiziksel gelişim geriliğine yol açabilmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda çürük riski yüksek çocukların boy ve kilo açısından çürüksüz akranlarına göre daha geride olduğu bildirilmiştir [(59)]. Çürüğün sebep olduğu estetik sorunlar çocuklarda psikososyal etkiler yaratabilmekte ve okul başarısını olumsuz etkileyebilmektedir [(60)]. Tedavi edilmeyen çürükler ilerleyebilmekte ve pulpitis, intraoral ve ekstraoral enfeksiyonlar, apseler gibi sonuçlara yol açabilmektedir. Özellikle sosyoekonomik

seviyesi düşük bölgelerde sağlık hizmetlerine erişim yetersiz olduğundan tedavi edilmeyen çürüklerin olumsuz sonuçları ile daha sık karşılaşılmaktadır. Sistemik hastalıkları olan çocuklarda çürüklerin, enfeksiyon odağı hâline gelmesi, endokardit, pnömoni gibi ciddi tablolarla sonuçlanmaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı çocuklarda çürük dişlerin tedavisi kritik bir öneme sahiptir [58].

Diş çürüklerinin tedavisinde temel yaklaşımını ilk olarak, GV Black tarafından geliştirilen kavite tasarımlarıyla birlikte "koruma amaçlı genişletme" prensibi oluşturmuştur. Bu yaklaşım ile gelişen çürük temizleme yöntemlerinde genellikle el aletleri ve döner aletlerden yararlanılarak yapılan preparasyonlar, dişte geniş madde kayıplarına neden olmaktadır [3]. Kısa vadede, bu geleneksel yöntemler ile çürüğün uzaklaştırılması, diş dokusunun gereksiz şekilde aşırı preparasyonuna neden olarak dentin pulpa kompleksine zarar verebilmektedir [61]. Uzun vadede ise, sağlıklı diş dokusunun gereksiz ve aşırı miktarda uzaklaştırılması, dişin mekanik bütünlüğünü bozarak; çatlaklar, kırıklar ve bunlara bağlı gelişebilecek komplikasyonlara neden olmaktadır. Özellikle derin kavitelerde, fazla doku uzaklaştırılması pulpanın perforasyon riskini artırarak, odontoblastik tabakanın geri dönüşü olmayan şekilde zarar görmesine ve odontoblastların kaybına yol açabilmektedir.[61] Tüm bunların yanında süt dişlerinde dentin tübüllerinin geniş çapı ve pulpa odasının daimî dişlere göre daha geniş olan boyutları, çürük lezyonlarının pulpaya doğru daha hızlı ilerlemesine zemin hazırlamaktadır. Bu anatomik özellikler nedeniyle, pulpa yakınındaki çürük dokunun tamamen uzaklaştırılması çoğunlukla istem dışı pulpa perforasyonlarına yol açmakta; bu durum geleneksel yaklaşımlarda direkt kuafaj, parsiyel pulpektomi veya kanal tedavisi gibi invaziv prosedürlerin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır.[62–64]

Pediatrik hastalarda, psikolojik ve duygusal olgunluğa sahip olmayan ya da tıbbi, mental ve fiziksel durumlarından dolayı kooperasyon kurulmasında güçlük çekilen hastalarda, geleneksel yöntemlerle yapılan çürük temizliğinde kooperasyonun sağlanması oldukça zor olabilmekte, yeterli kooperasyon sağlanamadığında genel anestezi/sedasyon gibi farmakolojik tedavi yöntemlerine ihtiyaç duyulabilmektedir. Derin sedasyon veya genel anestezi gibi farmakolojik yöntemler, özellikle küçük çocuklarda sistemik sağlık açısından risk teşkil etmektedir. Bunun yanında bazı sistemik hastalıkların farmakolojik yöntemler açısından kontrendikasyon oluşturduğu

bilinmektedir.[65,66] Ayrıca genel anestezi/sedasyon işlemlerinin ilave hekim, personel ve malzemeye ihtiyacı, ilave süre ve maliyet gerektirmesi gibi birçok dezavantajı bulunmaktadır. Tüm bu nedenlerin de etkisiyle ebeveynler alternatif seçenek varlığında genel anestezi ya da sedasyon gibi farmakolojik yöntemleri tercih etme konusunda kararsız tutum sergilemektedirler. [67–69]

Geleneksel kavite tasarımının yol açtığı dezavantajları gösteren kanıtların giderek artması sonucu minimal invaziv diş hekimliği uygulamaları daha yaygın hale gelmiştir. Minimal invaziv diş hekimliği, çürük lezyonlarının yönetiminde sert ve yumuşak dokuları koruyan konservatif operatif teknikleri kapsamaktadır.[4] Minimal invaziv diş hekimliğinin temel prensibi, henüz kavitasyon oluşmamış erken çürük lezyonlarında, herhangi bir girişimsel müdahalede bulunmadan remineralizasyonu sağlayabilmek ve doku bütünlüğünü korumaktır. Bu yaklaşım, kavitasyon oluşmuş, özellikle dentin bölgesinde bulunan çürükler için ise, yalnızca enfekte olmuş, yumuşak ve renk değiştirmiş çürük dentinin kaldırılarak, renk değişimine uğramış fakat enfekte olmayan, "etkilenmiş dentin" tabakasının korunmasıyla restorasyonun tamamlanması veya herhangi bir girişimsel müdahale olmaksızın direk restorasyonun uygulanması prensibine dayanmaktadır. [70]

Çocuk diş hekimliğinde minimal invaziv tedavi yaklaşımları, pediatrik hastalarda lokal anestezi, sedasyon ve genel anestezi gibi farmakolojik yöntemlerin güvenle kullanılabileceği zamana kadar veya hastada tedavi için yeterli kooperasyon sağlanabilecek zamana kadar, çürük ilerlemesini durdurma ya da yavaşlatma imkânı sunan alternatif tedavi seçenekleri olarak da bilinmektedir. Bu teknikler genellikle lokal anestezi gerektirmez, böylece yumuşak doku travmaları (yanak/dil/dudak ısırmaları) ve uzun süren anestezi etkisi gibi postoperatif sorunların da önüne geçilmiş olur.[71]

Minimal İnvaziv Diş Hekimliğinin Temel Prensipleri

Dünya Diş Hekimliği Federasyonu (FDI), minimal invaziv diş hekimliği uygulamalarının etkili bir şekilde sağlanabilmesi için bazı temel prensipler belirlemiştir [72]:

1.Hastalığın karyojenik florayı azaltarak kontrol altına alınması: Tedavi başarısı hastalığın ortadan kaldırılması ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, hastalığın kontrol altına alınabilmesi temel odak noktasıdır. Çürük açısından risk taşıyan her hastada potansiyel çürük aktivitesini belirlemek amacıyla doğru tanı prosedürleri uygulanmalıdır. Tedavinin başlangıcında oral mikrofloranın koruyucu önlemler ile modifikasyonu sağlanmalıdır.

2. Çürük lezyonu bulunan her dişte öncelikli hedef remineralizasyonun sağlanmasıdır. Özellikle görünür yüzeylerdeki "beyaz leke (white spot)" lezyonlarının remineralize edilerek onarılabileceği uzun süredir bilinmektedir. İdeal remineralizasyonun sağlanabilmesi için uygun hasta kooperasyonu ve etkin hasta-hekim iş birliği gereklidir. Bu süreçte hastanın, oral hijyen uygulamaları ile beslenme alışkanlıklarının öneminin bilincinde olması kritik rol oynamaktadır.

3.Gerektiğinde minimal invaziv operatif yaklaşımların uygulanması: Çürük, diş yüzeyinde kavitasyon oluşumuna kadar ilerlemişse, girişimsel işlemler olmadan plak birikiminin tamamen kontrol altına alınması artık mümkün olmamaktadır. Remineralizasyon ve iyileşme potansiyeli göz önüne alındığında, minimal müdahale tercih edilmektedir. Doğal diş dokusunun korunması ilkesi hem yeni oluşan hem de mevcut çürük lezyonlarıyla ilgili kararların temelini oluşturmaktadır.

4.Başarısız restorasyonların değiştirilmesi yerine onarılması: Her başarısız restorasyonun değiştirilmesi, aynı zamanda ilave diş dokusu kaybına ve sonuç olarak dişin daha da zayıflamasına neden olacaktır.

2.2.1. Kavitasyon Oluşmamış Çürük Lezyonlarının Tedavisi

Kavitasyon oluşmamış çürük lezyonları, diş yüzey bütünlüğünün bozulmadığı, erken dönemde tespit edilebilen ve uygun müdahalelerle geriye döndürülebilen lezyonlar olarak tanımlanmaktadır.[73] Bu lezyonların yönetiminde temel amaç, invaziv girişimlerden kaçınarak diş dokusunun maksimum düzeyde korunmasını sağlamak ve demineralize olmuş dokunun yeniden remineralizasyonunu sağlamaktır.[74] Küçük yaştaki çocukların sınırlı kooperasyonu göz önüne alındığında, bu grup hastaların tedavisi hekim açısından ciddi zorluklar yaratabilmektedir. Bu nedenle, böyle durumlarda çürük ilerlemesinin durdurulmasına yönelik tedavi yaklaşımları önerilmektedir. [75]

Kavitasyon Oluşmamış Diş Çürüklerinin Tedavisinde Kullanılan Yöntemler

Remineralizasyon Ajanları

Demineralizasyon, ağız ortamı pH'ının kritik eşik olan 5,5'in altına düştüğünde diş dokularındaki hidroksiapatit kristallerinin çözünerek diş yapısından kalsiyum ve fosfat iyonlarının kaybına yol açması olarak tanımlanmaktadır. Bu iyonların tekrar hidroksiapatit kristallerine geri kazandırılması ise remineralizasyon olarak adlandırılmaktadır. Demineralizasyon geri döndürülebilir bir süreçtir; dolayısıyla dişlerdeki kısmen demineralize olmuş hidroksiapatit kristalleri, remineralizasyonu destekleyen ortamlarda eski yapılarına ulaşabilmektedirler.[74] Remineralizasyon, tükürüğün remineralize edici rolü, diyet kontrolü, farklı remineralizasyon ajanları ve probiyotik bakterilerin remineralizasyon üzerindeki etkileri gibi faktörlerin etkisiyle demineralizasyonun önüne geçebilmektedir. Remineralizasyon ile ilgili yapılan çalışmalar sonucunda, özellikle kavitasyon oluşmamış çürük lezyonlarının tedavisini amaçlayan birçok remineralizasyon ajanı geliştirilmiş ve minimal invaziv diş hekimliğine katkıda bulunulmuştur.[76,77]

Remineralizasyon ajanları, kavitasyon oluşmamış çürük lezyonlarının tedavisi amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Farklı remineralizasyon ajanları, başlangıç çürüklerinin tedavisi ve diş dokusunun remineralizasyonu için farklı mekanizmalarla etki göstermektedir.

Kazein fosfopeptid-amorf kalsiyum fosfat kompleksi (CPP-ACP), diş yüzeyine iyonik formda kalsiyum-fosfat geçişi sağlayarak remineralizasyonu teşvik eder, ayrıca bakterilerin yüzeye tutunmasını inhibe etmektedir.[78,79] Biyoaktif camlar, temas ettikleri ortamda kalsiyum ve fosfat iyonlarını salarak oral kavitenin pH'ını arttırır ve remineralizasyon sürecini hızlandırırlar.[74] Ksilitol gibi şeker alkolleri, diş yüzeyinde plak oluşumunu ve asit üretimini azaltarak çürük oluşumunu inhibe eder ve remineralizasyon sağlar.[80] Trikalsiyum fosfat (TCP), florürle birlikte diş minesinin güçlenmesinde etkili olan kalsiyum ve fosfat iyonları açığa çıkararak remineralizasyon etkinliğini artırır.[81] Üzüm çekirdeği ekstresi gibi bitkisel içeriklerin, bakteriyel enzim aktivitesini inhibe ettiği bilinmektedir. Arginin, bikarbonat ve kalsiyum karbonat kompleksi aracılığıyla kalsiyum salınımını sağlar. Ayrıca ozon terapisi gibi yeni yöntemler de kavitasyon oluşmamış çürük lezyonlarının remineralizasyonu üzerinde destekleyici etkiye sahiptir.[3]

Günümüzde en yaygın kullanılan remineralizasyon ajanlarından biri florürdür. Florürün, dental çürüğün önlenmesinde hem kimyasal hem biyolojik düzeyde etkili olduğu bilinmektedir. Mine dokusunun remineralizasyonunu teşvik ederken, bakteriyel enzim inhibisyonu yoluyla da çürük oluşumunun önlenmesinde de rol oynamaktadır. Farklı florür preparatlarının çürük durdurucu etkisi, toplum temelli uygulama, hekim tarafından yapılan uygulama ve hastanın kendisi tarafından yapılan uygulama şeklinde kategorize edilebilir.

Toplum temelli uygulamalar arasında suyun florlanması, tuz ve sütün florürle zenginleştirilmesi gibi çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerden biri olan suyun florlaması, bireysel uyuma bağlı olmaması açısından diğer yöntemlerden ayrılmaktadır.[82] Florürlü içme sularının uzun dönemde çürük oluşumunun önlenmesine katkı sağladığı bilinmektedir.[83,84]

Yapılan çalışmalar, sistemik olarak flor alımının bırakılmasından sonra dahi dental biyofilmdeki florür düzeylerinin korunabildiği bildirilmektedir. Bu durum, florürün diş dokusu üzerindeki esas etkinliğinin topikal olmasıyla açıklanmaktadır.[85–87]

Florürün temel etkisi minenin demineralizasyonunun engellenmesidir. Bunun yanında farklı mekanizmalarla da çürük önleyici etkinliğe sahiptir. Florürün etki mekanizmaları şu şekilde özetlenebilir:

1. Florür, diş minesinin temel inorganik bileşeni olan hidroksiapatit [$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$] kristallerine etki ederek florapatit [$Ca_{10}(PO_4)_6F_2$] oluşumunu sağlar. Florapatit kristalleri, hidroksiapatite kıyasla daha az çözünür olması nedeniyle aside karşı daha dirençli bir yapı oluşturur. Bu sayede özellikle ortamda pH'ın düşük olduğu durumlarda demineralizasyonun önüne geçilmiş olur.[88] Ayrıca florürün, remineralizasyon sürecinde kalsiyum ve fosfat iyonlarının mine yüzeyine tutunmasına destek olarak kristal yapının oluşumunu desteklediği bilinmektedir.

2. Florür, plak mikroorganizmalarının metabolizmasına doğrudan etki ederek, özellikle *S. Mutans* gibi asidojenik bakterilerin enerji üretimini inhibe eder. Bu inhibisyon, enolaz enzimi başta olmak üzere glikolizde yer alan enzimlerin florür iyonu tarafından baskılanması ile gerçekleşir. Bu sayede bakterilerin asit üretimi de inhibe edilir ve çürük oluşturma potansiyelleri azaltılmış olur. [89]

3. Florür, hücre dışı polisakkarit (EPS) üretimini azaltarak dental plak yapısının olgunlaşmasını ve bakterilerin yüzeye tutunmasını engeller. Oral pH'ın düşmesiyle birlikte florür, hidrojen florür (HF) formuna dönüşür. HF, bakteriyel hücre duvarlarından pasif difüzyon yoluyla geçebilen küçük bir moleküldür. Hücre içine giren HF, bakteriyel metabolizmayı bozarak protein denatürasyonuna neden olur. [6] Diş yüzeyinde biriken florür iyonları, tükürükteki pH değişiklikleriyle çözünerek aktif hale gelir ve böylece florür "depo" etkisi gösterir. Bu durum, remineralizasyon mekanizmasının aktif kalmasını sağlar. Tükürük içerisindeki florür düzeyinin düşük fakat sürekli olması, bu etkiyi sürdürebilmesi açısından önem taşımaktadır. [90]

Topikal Florür Uygulamaları

Florürlü Diş Macunları

Florürlü diş macunları, birey tarafından uygulanabilen en etkili topikal florür yöntemlerden biri olarak bilinmektedir. Diş macunları, plak-mine ara yüzeyinde yüksek florür konsantrasyonlarının sürdürülmesi sağlamaktadır. Macunlara florür; sodyum florür (NaF), sodyum monoflorofosfat (MFP), stannöz florür (SnF_2) veya amin florür (Am-F) formunda eklenebilmektedir.[91] Bu florür formları çürüğün etkin biçimde kontrol edilmesini sağlamaktadır. NaF, SnF_2 ve Am-F formülasyonlarında florür iyonik formda bulunduğundan, aşındırıcıların kalsiyum ($CaCO_3$ veya $CaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$) içermemesi gerekir. Bunun yerine silika aşındırıcı olarak kullanılabilmektedir. [92]

Çürük riskini en aza indirmek için, devamlı olarak diş yüzeyinde ve tükürükte bulunması gereken optimal florür konsantrasyonu, bireyin düzenli diş macunu kullanımı ile sağlanabilmektedir.[91] Diş macunu kullanımından birkaç dakika sonra dental biyofilm sıvısında yüksek florür konsantrasyonları oluşması[93], tükürükte görülen yüksek florür seviyelerini açıklamaktadır. Bunun yanında, macun kullanımından 10 saat sonra bile dental biyofilmde nispeten yüksek florür konsantrasyonları saptanabilmektedir.[94] Bu durum diş macunu kullanımı ile florürün, mine yüzeyinde ve dental biyofilm içinde depolanabildiğini göstermektedir.[95]

Piyasada çocuklar için 250 ppm, 400 ppm ve 500 ppm F^- gibi farklı konsantrasyonlarda florür içeren diş macunları bulunmaktadır.[91] Avrupa Çocuk Diş Hekimliği Derneği (EAPD) tarafından yaşa göre önerilen diş macunu miktarı ve florür

konsantrasyonları önerilerinde bulunmuştur. İlk dişin çıktığı andan iki yaşa kadar olan dönemde pirinç büyüklüğünde 1000 ppm florür konsantrasyonlu macun önerilirken, 2-6 yaş arası yine 1000 ppm ve bezelye büyüklüğünde; 6 yaş itibariyle 1450 ppm ve fırça boyunca sürülen miktarda macun kullanımı önerilmiştir.[96]

Çürük ilerlemesinin kontrol altına alınamadığı bireylerin (hiposalivasyon, özel gereksinimli bireyler gibi çürük riskinin yüksek olduğu hastalarda) kullanımına uygun olan yüksek konsantrasyonlu florürlü diş macunları (1500–5000 ppm F^-) da piyasada mevcuttur.[91]

Florürlü Ağız Gargaraları

Haftalık %0,2 ve günlük %0,05 NaF, rutin kullanılan florürlü gargara dozlarıdır. Genellikle yüksek çürük riski taşıyan bireylerde önerilmekle birlikte, 6 yaşının altındaki çocuklarda florürlü gargara kullanımı önerilmemektedir. Gargaralar, florürlü diş macunu kullanımının yerine geçmemeli, macuna ek destek olarak uygulanmalıdır.

Florürlü Vernikler

Florürlü vernikler hekim tarafından uygulanan topikal florür yöntemlerindendir. Florürün mine ile temas süresini uzatarak florapatit oluşumunu artırmak amacıyla geliştirilmişlerdir. Yılda iki kez uygulanması önerilen florürlü vernikler; diş hassasiyeti olan hastalarda, çürük riski yüksek hastalarda, yeni sürmekte olan dişlerin varlığında ve beyaz nokta lezyonlarının remineralizasyonunda kullanılabilmektedir. Sık kullanılan formlarına %5 NaF; 22.600 ppm F^- içeriği veya %0,8 F^-; düşük konsantrasyon F^- içeriği örnek verilebilir.

Florürlü Jeller ve Köpükler

Yüksek konsantrasyonlu florür jelleri (9000–12.300 ppm F^-), hekim tarafından uygulanan topikal florür yöntemleri arasında yer almaktadır. Buna karşılık, düşük konsantrasyonlu florür jelleri (ör. 1000 ppm F^-) hekim önerisi ile birey tarafından kullanılabilmektedir. Klinik uygulamalarda en sık tercih edilenlerden biri Asidüle Fosfat Florür (APF) jelleridir; 12.300 ppm F^- konsantrasyona sahip olup, sodyum florür, hidroflorik asit ve ortofosforik asit içermektedir. Bu jellere, viskoziteyi artırmak için suda çözünebilen polimerler eklenmekte ve tiksotropik formda hazırlanarak dişlerin ara yüzlerine geçişleri kolaylaştırılmaktadır. NaF jelleri de 9000 ppm F^- konsantrasyona sahip olup klinik olarak sıklıkla kullanılan diğer bir florür jel

formudur. Stannöz florür jeli ise %0.4 florür içermekte olup, özellikle beyaz nokta lezyonları ve hipomineralizasyon alanlarının remineralizasyonunda tercih edilmektedir; yaklaşık 1000 ppm florür ve 3000 ppm kalay (Sn^{2+}) içermektedir.

Süt proteini türevi CPP-ACP içerikli ürünlere florür ilavesi yapılarak elde edilen CPP-ACPF kremleri (Tooth Mousse Plus, GC Corporation, Tokyo, Japan), çürük oluşumunu önleyip, beyaz nokta lezyonu gibi erken dönemde oluşan çürük lezyonlarının remineralizasyonu sağlamaktadır. İçeriğinde 900 ppm F^- bulunmakta olup, süt proteinleri içerdiğinden süt alerjisi olan bireylerde önerilmemektedir. [91]

Son yıllarda florürün yalnızca çürükten korunma amaçlı değil, aynı zamanda kavitasyonsuz çürük lezyonlarının tedavisinde de kullanılabileceği sonucuna varan çalışmalar gündeme gelmiştir. 2018 yılında Amerikan Diş Hekimleri Birliği (ADA), dental çürükler için restoratif olmayan tedavilere yönelik yayınladığı kılavuzda [97], hem süt hem de daimi dişlerdeki kavitasyonsuz oklüzal çürüklerde fissür örtücülere ek olarak %5 NaF verniğinin 3–6 ayda bir uygulanmasını önermektedir.[98] Ayrıca, süt ve daimi dişlerdeki kavitasyonsuz oklüzal yüzeylere %1,23 APF jelinin 3–6 ayda bir uygulanması da öneriler arasındadır.[99] Daimi dişlerdeki başlangıç çürükleri için ise, haftada bir kez %0,2 NaF içeren ağız gargarası kullanımı tavsiye edilmektedir.[100] Süt ve daimi dişlerdeki kavitasyonsuz lezyonlar için, 3–6 ayda bir %1,23 APF jeli ya da %5 NaF verniği uygulamasını önerilmektedir. [101]

Gümüş Diamine Florür (GDF)

Gümüş Diamine Florür (GDF), ilk olarak 1969 yılında Osaka Üniversitesi'nde Mizuho Nishino'nun tarafından araştırılmıştır.[102] GDF'ye ilişkin in vivo ve in vitro çalışmalar ilk olarak dental tedaviye erişimin sınırlı olduğu gelişmekte olan ülkelerde yürütülmüştür. Bu çalışmalardan çoğu Arjantin, Brezilya, Çin, Küba, Japonya ve Nepal'deki araştırma ekiplerince gerçekleştirilmiştir.[103,104] Ağustos 2014'te ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından Sınıf II tıbbi cihaz olarak onaylanmış, böylece %5 NaF verniği gibi, erişkin hastada dentin hassasiyetini tedavi etmek amacıyla kullanım onayı verilmiştir. Ekim 2016'da ise FDA, çocuklar ve yetişkinlerde çürük durdurucu etkisine dayanarak GDF'ye "breakthrough therapy (çığır açan tedavi)" statüsü vermiştir.

GDF'nin, günümüzde klinik diş hekimliğinde geniş kullanım alanına sahip olduğu bilinmektedir. Ph'ı 10 olan bu bileşik, renksiz ve alkali yapıda olup [105], çoğunlukla, en etkili olduğu %38 konsantrasyonda kullanılmaktadır.[106] GDF'nin farklı ticari formları Tablo 2.2'de gösterilmiştir. GDF, çürük oluşumunun durdurulmasını ve dişte remineralizasyonu sağlar, bunun yanında uygulanması geleneksel yöntemlere göre daha kısa sürelidir. Klinik ortamının varlığına ihtiyaç minimum düzeydedir ve geleneksel tedavi yöntemlerine göre oldukça ekonomiktir [6]. Bu nedenle özellikle, kooperasyonu zayıf olan, özel gereksinimi olan, rutin dental tedavilere erişim imkanı kısıtlı olan hastalar için GDF uygulaması etkili ve alternatif bir tedavi yaklaşımı olarak önerilmektedir.[75]

Tablo 2.2. GDF Solüsyonunun Ticari Formları

Ticari Form	Üretici Firma	SDF Konsantrasyonu (%)	Menşei Ülke	Notlar / İçerik Özellikleri
Advantage Arrest	Elevate Oral Care	38%	ABD	FDA onaylı; en yaygın kullanılan formlardan biridir
Saforide	Toyo Seiyaku Kasei Co., Ltd.	38%	Japonya	Dünyadaki ilk ticari SDF; Japonya'da yaygın
Riva Star	SDI Limited	38% SDF + Potasyum İyodür	Avustralya	İki aşamalı sistem; renklenmeyi azaltmak için potasyum iyodür içerir
Cariestop	Biodinâmica	30%	Brezilya	Latin Amerika'da yaygın kullanılan form
Topamine	Nissin Dental Products	38%	Japonya	Eğitim amaçlı modellerle birlikte sunulur
FAgamin	Tedequim	38%	Arjantin	Güney Amerika'da tercih edilen yüksek içerikli SDF formu
e-SDF	Kids-e-Dental	38%	Hindistan	Özellikle çocuklara yönelik tasarlanmış ürün
AquaSDF	BlueLight Healthcare	38%	Hindistan	Düşük maliyetli; gelişmekte olan ülkelerde yaygın
Bioride SDF	Prevest DenPro	38%	Hindistan	Ekonomik Hint menşeli ürün
SilverBloc	DentaLife	38%	Kanada	Renk değişimini azaltma hedefiyle geliştirilmiş ticari form

GDF'nin Etki Mekanizması

Tarihsel olarak gümüş nitrat ($AgNO_3$), diş hekimliğinde uzun yıllar boyunca kullanılan bir bileşik olarak varlığını devam ettirmiştir.[107] Gümüş iyonları, düşük konsantrasyonlarda dahi antibakteriyel özellik göstermekte ve hem gram pozitif hem de gram negatif bakteriler üzerinde etkili olmaktadır.[108] Gümüşün bakteriler üzerindeki temel etki mekanizması; bakteri hücre duvarı yapılarına penetre olarak yıkıma uğratmak, enzimatik aktiviteyi baskılayarak metabolik süreçleri etkilemek ve bakteriyel DNA replikasyonunu engellemek şeklinde açıklanmaktadır.[109]

Bu iyonlar, düşük düzeyde toksisiteye sahip olmalarının yanı sıra biyouyumlu özellik göstermekte, düzenli iyon salınımı sayesinde kalıcı antimikrobiyal etki oluşturmakta ve bakteriyel direnç gelişimi açısından düşük risk taşımaktadır.[110,111] Özellikle süt dişlerinde çürük oluşumunun azaltılması amacıyla gümüş nitrat formunda rutin olarak uygulanmış, sürekli dişlerde ise ilave olarak kavite dezenfektanı ve dentin hassasiyetini azaltmaya yönelik ajan olarak kullanılmıştır.[109,112]

Bununla birlikte gümüş iyonlarının bağlantı üzerindeki etkisi incelendiğinde bu iyonların, hidroksiapatit kristallerindeki kalsiyum iyonları ile rekabet etmeleri nedeniyle, diş materyal ara yüzeyinin özelliklerini olumsuz etkileyebileceği ve cam iyonomer gibi dişe kimyasal olarak bağlanan materyaller ile dentin arasındaki bağlantıyı sınırlayabileceği kaydedilmiştir.[113]

GDF solüsyonu temel olarak gümüş ve florür iyonlarının olumlu etkilerinden bir arada yararlanabilmek için üretilmiş, gümüş iyonlarının mevcut avantajlarının yanında, florür iyonlarının; çürük oluşumunu durdurması, remineralizasyonu sağlaması ve karyojenik bakteri metabolizmasını inhibe edici özelliğe sahip olması gibi avantajlarından faydalanılmıştır.[114]

GDF'nin yapısında bulunan gümüş ve florür bileşenleri genellikle alkali bir solüsyon içinde taşınmakta olup, bu amaçla çeşitli taşıyıcılar kullanılmaktadır. GDF solüsyonlarında, gümüş partiküllerini stabilize etmek amacıyla rutin olarak kullanılan taşıyıcının amonyak olduğu bilinmektedir.[115]

GDF'nin çürük durdurmadaki başarısı, dentin dokusu ve mikroorganizmalara karşı ortaya koyduğu çok yönlü etki mekanizmalarıyla açıklanmaktadır.

GDF'nin Dişin Yapısındaki Mineraller Kimyasal Reaksiyonu

GDF'nin kimyasal formülü olan $Ag(NH_3)_2F$, dişin ana inorganik bileşeni olan hidroksiapatit [$(Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$] ile reaksiyona girdiğinde kalsiyum florür (CaF_2) ve gümüş fosfat (Ag_3PO_4) oluşmaktadır. Reaksiyon mekanizması '$Ag(NH_3)_2F$ + HA ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) → CaF_2 + Ag_3PO_4' şeklindedir. Bu reaksiyon tamamlanınca gümüş fosfat (Ag_3PO_4), CaF_2 ile reaksiyona girdikten sonra asidik difüzyona karşı dirençli ve çözünürlüğü daha az olan bir yapıya dönüşmektedir. Bu reaksiyonun, etkilenen dentinin sertleşmesine ve böylece çürüğe karşı direnç kazanmasına katkı sağladığı bilinmektedir.[114] Ayrıca, florapatit sentezi sırasında meydana gelen CaF_2

ise florür iyonları için bir kaynak görevi görmektedir.[116] Bu florür iyonları, dişin kalsifikasyonunu artırarak, hidroksiapatit kristallerinin daha düzenli sağlam bir yapıya dönüşmesini sağlamaktadır.[117]

Gümüş ile Dentin Tübüllerine Penetrasyonu

Gümüş ve florür iyonları mineye yaklaşık 25 µm, dentine ise 50–200 µm kadar penetre olur.[118] GDF ile durdurulan lezyonlar yaklaşık 150 µm kalınlığında olup,[119] tedavi edilen lezyonların biyofilm oluşumu ve çürük ilerlemesine direnç göstermesi kalıntı halinde bulunan iyonik gümüşle ilişkilidir.[120] Ayrıca GDF uygulaması sonrası dekalsifiye dentinde daha fazla iyon birikimi gözlenmekte, bu sayede GDF, dentin dentin geçirgenliği azaltmaktadır.

GDF'nin Dişin Organik Bileşenleriyle Reaksiyonu ve Enzim İnhibitör Etkisi

GDF'nin dişin organik bileşenleriyle reaksiyonu, enzim aktivitesini baskılayıcı bir etki oluşturmaktadır. Özellikle *S. Mutans* gibi karyojenik bakterilerin oluşturduğu dekstran aracılı pıhtılaşmayı inhibe ederek antibakteriyel özellik gösterdiği bildirilmektedir. GDF uygulaması sonrasında dentin proteinlerinin, tripsin ve kollejenaz gibi protein sindirici enzimlere karşı yüksek direnç kazandığı gösterilmiştir.[121] Bunun yanında GDF uygulaması sonrası dekalsifiye dentinde daha fazla iyon birikimi gözlenmekte ve bu durum sağlam dentine kıyasla daha yüksek antikaryojenik özellik sağlamaktadır. Gümüş iyonları tarafından öldürülen bakterilerin ortamda birikmesi ve canlı bakteriler üzerinde yeniden antimikrobiyal etki göstermesi ise "zombi etkisi" olarak tanımlanmakta ve kaynak görevi görme etkisiyle açıklanmaktadır.[121]

GDF'nin Avantajları:

- İşlem esnasında ağrı olmamaktadır.
- Çürük ilerlemesini kısa sürede durdurur.
- Tedavi ekonomik olup, maliyet açısından erişilebilirdir.
- Uygulama prosedürü oldukça basittir.
- Basit uygulama yöntemi sayesinde, ideal tedavi şartlarının sağlanamadığı ortamlarda da hastaların dişlerine uygulanabilir.
- İnvaziv bir yöntem olmadığından, enfeksiyon yayılma riski düşüktür.
- Yüksek çürük riski taşıyan bireylerin (örneğin: kserostomi hastaları, kooperasyon problemi olan pediatrik hastalar, özel gereksinimli bireyler) tedavisinde kolaylıkla kullanılabilmektedir

- Yaygın çürüklerin geçici tedavisinde, GDF etkili bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.[122]

GDF'nin Kontraendikasyonları

1.Gümüş ya da gümüş içeren bileşiklere karşı alerji.

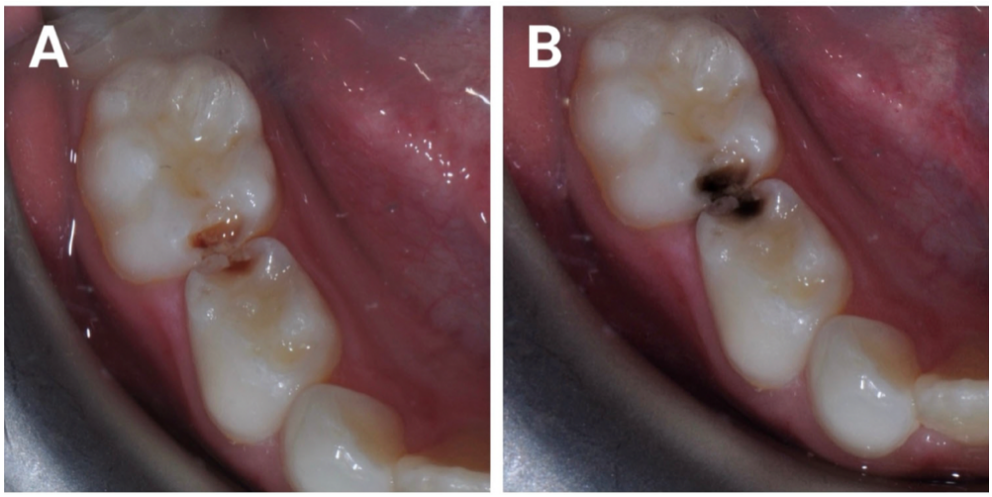
2.Hamileler.

3.Emziren anneler.

4.Ayrıca açık ağız yaralarının varlığında GDF uygulaması durumu kötüleştirebilmektedir.

GDF'nin Uygulamasının Limitasyonları

GDF'nin çürüğü önleme veya durdurma amacıyla belirli dişlere uygulandığı çalışmalarda, hafif ağrılı, beyaz renkte bir mukoza lezyonu oluşabileceği bildirilmiştir.[105] Küçük miktarda GDF cilde temas ettiğinde, geçici bir dövme benzeri lekelenme oluşturabilir; oluşan bu leke zararsız olup, 2–14 gün içinde kendiliğinden kaybolmaktadır. GDF uygulaması, çevredeki yüzeylerde ve giysilerde kalıcı renklenmelere neden olabilir.[123] Bu nedenlerle, yeterli izolasyon sağlanamayan durumlarda kullanılması önerilmemektedir. Herpetik stomatit veya ülseratif gingivit gibi yumuşak dokuların daha hassas olduğu dönemlerde GDF solüsyonu kullanılmamalıdır.[124] Yanık hastalarında olduğu gibi, başka tıbbi nedenlerle gümüş bileşiklerine maruz kalan bireylerde gümüş alerjisi riski nedeniyle dikkatli olunmalıdır. Ayrıca, GDF uygulanmış çürük lezyonları siyah renge dönüşmektedir.[105] Yapılan çalışmalar sonucu ebeveynlerin GDF uygulaması konusundaki en büyük endişelerinden birinin de uygulaması sonrası meydana gelen bu renklenme olduğu belirtilmiştir.[125] GDF uygulaması öncesi ve sonrası dişlerin görünümü Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. GDF uygulaması öncesi (A) ve sonrası (B) dişlerin görünümü

Renklenme dezavantajının önüne geçmek ve fazla iyonize gümüşü uzaklaştırmak amacıyla GDF sonrası potasyum iyodür (KI) uygulaması önerilmiştir.[116,126] KI, gümüş florür GDF ile tedavi edilmiş bir çürük lezyonuna uygulandığında, gümüşle reaksiyona girerek gümüş iyodür (AgI) oluşturur. Bu yolla, lezyonun renklenmesine katkı sağlayabilecek fazla gümüş iyonları ortamdan uzaklaştırılır. Ancak yapılan çalışmaların bir kısmı, gümüş iyonlarının uzaklaştırılmasının "çürük önleyici" etkiyi ve bağlantı dayanımını azaltabileceğini öne sürmüştür.[126,127] Ayrıca, GDF tedavisi sonrası KI uygulamasının, GDF'nin dişte meydana getirdiği biyomekanik dayanıklılık artışını ve çürük durdurucu etkilerinin azalmasına neden olabileceği bildirilmiştir.[128]

Gümüş Florür (GF)

GDF içeriğinde kullanılan amonyak gibi pH değeri yüksek amin bazlı solüsyonların pulpayı irrite etme olasılığının yüksek olduğu bilinmektedir. Ayrıca amonyak içeriğinin neden olduğu kötü koku hastalar için dezavantaj oluşturmaktadır. Özellikle küçük miktarlarda bulunduklarında zamanla stabilitelerinin azaldığı kaydedilmiştir. Bu nedenle taşıyıcı olarak amonyak yerine daha az alkali özellikteki solüsyonların tercih edilmesi önerilmektedir.[7] Bu nedenle son yıllarda amonyak içermeyen Gümüş Florür (GF) geliştirmiştir. Bu solüsyonun farkı, taşıyıcı olarak su bazlı materyallerin kullanılmasıdır. Yaklaşık 10 pH değerine sahip bu solüsyonun,[129] çürük ilerlemesini durdurma[130,131] ve hatta diş hassasiyetinin tedavisinde dikkate değer bir potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir. [132]

Rezin İnfiltrasyon

Rezin infiltrasyon yöntemi, başlıca kavitasyon oluşmamış çürük lezyonlarının ilerlemesini durdurmak amacıyla uygulanmaktadır.[133,134] İnfiltrasyon tekniğinin temel hedefi, düşük viskoziteli bir rezinin çürük lezyonunun gözenekli yapısına nüfuz etmesini sağlamaktır.[133] Polimerize olduktan sonra bu rezin, asitlere karşı bariyer işlevi görerek lezyonun ilerlemesini engellemektedir.[135,136]

Rezin infiltrasyon yönteminin klinik başarısı yapılan çalışmalar tarafından desteklenmektedir.[137,138] Ancak bu yöntemde yüzey tabakasının asitle aşındırılarak kaldırılması, biyolojik açıdan riskli bulunabilmekte ve lezyon ilerlediği durumda restoratif tedavi kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu nedenle uyumlu hastalarda öncelikle girişimsel olmayan yöntemlerle lezyonların kontrol altına alınması önerilmektedir.[139] Ayrıca bu yöntem tekniğe oldukça duyarlıdır; dolayısıyla yaşa bağlı kooperasyon güçlükleri ya da özel gereksinimleri olan çocuk hastalarda uygulanması klinik açıdan zorluk yaratabilmektedir.[140]

Fissür örtücüler

Minimal invaziv diş hekimliğinde oklüzal yüzeyler için uygulanan yöntemlerden olan pit ve fissür örtücüler, çürük oluşumunu önlemek veya mevcut çürüğün ilerlemesini durdurmak amacıyla kullanılmaktadır. Pit ve fissür örtücüler, özellikle yeni sürmüş dişlerde çürüğe yatkın olan derin pit ve fissür bölgelerinin sığlaştırılması yoluyla çürük gelişiminin önlenmesine katkı sağlamaktadır. Bu uygulama, özellikle çürük riski

yüksek bireylerde, derin ve retantif pit-fissür morfolojisine sahip dişlerde, sond ile muayene sırasında takılma eğilimi gösteren lezyonlarda ve yalnızca minimal düzeyde dekalsifikasyonun eşlik ettiği renk değişikliklerinin gözlendiği fissürlerde önerilmektedir. Ayrıca, radyografik veya klinik olarak proksimal çürük bulgusu olmayan pit ve fissürlerde, mine çürüklerinin varlığında ya da tamamen çürüksüz yüzeylerde koruyucu amaçla da uygulanabilmektedir.[141] Bu amaçla kompozit rezinler, cam iyonomer simanlar, kompomerler ve flor salan örtücüler tercih edilebilmektedir.[142–144]

2.2.2. Kavitasyon Oluşmuş Çürük Lezyonlarının Yönetimi

Kavitasyon oluşmuş çürüklerin tedavisinde yararlanılan minimal invaziv yaklaşımlar arasında, aşamalı çürük temizleme (stepwise excavation), seçiçi çürük temizleme ve çürük uzaklaştırılmaksızın yapılan restorasyonlar (Hall tekniği, Atravmatik Restoratif Tedavi (ART), Gümüş Modifiye Atravmatik Restoratif Tedavi(GMART) yer almaktadır. Bu yöntemlerde temel amaç, çürük lezyonunun olduğu bölgeye bakteri geçişinin engellenmesi ve dişin fonksiyonlarının devamlılığını sağlayabilecek şekilde kavite yüzeyinin restorasyonunun tamamlanmasıdır.[145]

Aşamalı çürük temizliği

Bu yöntemde, ilk seans kavite hazırlanırken pulpal duvar üzerinde bir miktar yumuşak dentin bilinçli olarak bırakılarak geçici restorasyon yapılır. Sonraki seans geçici restorasyon kaldırılır ve yumuşak olan dentinin genellikle daha koyu, daha sert bir yapıya dönüşmüş olduğu gözlemlenmesiyle daimi restorasyon tamamlanır. [146]

Bu tedavi yönteminin temel hedefi, pulpal duvar üzerinde bırakılan yumuşak dentindeki bakterilerin besin kaynağından yoksun bırakılmasıyla çürük aktivitesinin azaltılmasıdır. Böylece pulpa-dentin kompleksi kontrollü bir tersiyer dentin oluşumuna teşvik edilmektedir. [147] Ayrıca, bakterilerin besinden yoksun olması nedeni ile inhibe olması[148,149] ve demineralize dokunun kurumasına bağlı olarak meydana gelen büzülme etkisi, dentinin sertleşmesi ve yapısal olarak daha dirençli hale gelmesiyle sonuçlanmaktadır. [150]

Tüm bu avantajlara rağmen, aşamalı çürük temizliğinin ikinci aşamasında kavitenin yeniden açılması ile derin dentine yeniden giriş yapılması, preparasyonun tekrarlanmasına bağlı olarak pulpa perforasyonu gibi komplikasyonlara neden olabilmektedir.[151] Bununla birlikte, bu yöntemde yeniden restorasyon yapılması nedeniyle ek maliyet ve ek süreye ihtiyaç olması, özellikle çocuk hastalar için dezavantaj oluşturmak, günümüzde alternatif tedavi yaklaşımlarının gelişmesiyle birlikte daha az tercih edilmektedir.[152]

Seçici Çürük temizleme

Seçiçi çürük uzaklaştırma yaklaşımı; çürük lezyon aktivitesini durdururken pulpa perforasyon riskini azaltan ve odontoblastik tabakanın korunmasını sağlamayı amaçlayan bir yöntem olarak bilinmektedir.[61] Bu yöntem, çürüğün yalnızca bir kısmının uzaklaştırılıp, pulpa üzerindeki çürük lezyonun korunarak aynı seansta daimi restorasyonun tamamlanması prensibine dayanmaktadır.[153] Seçici çürük uzaklaştırma yönteminin temel hedefleri şu şekilde özetlenebilir:

1. Lezyondan yeterli miktarda çürük dokunun uzaklaştırılarak, stabil bir restorasyonun yerleştirilebilmesi için yeterli derinliğin sağlanması.
2. Çürük dokunun uzaklaştırılması sırasında pulpanın açığa çıkmasının önlenmesi.

Yapılan çalışmalar, kavitasyonlu dentin çürüğü lezyonlarının yönetiminde seçici çürük uzaklaştırma gibi daha koruyucu ve biyolojik yaklaşımların tercih edilmesinin, hem pulpa sağlığını koruma açısından hem de klinik etkinlik bakımından diğer yöntemlere göre daha avantajlı olabileceğini ortaya koymaktadır.[154] Ayrıca bu yöntem, bakterilerin pulpa içine ilerleme riskini azaltarak pulpanın canlılığını korunmasına yardımcı olmaktadır. Bu sayede, dişin prognozu en üst düzeye çıkarılırken uzun vadeli tedavi maliyetleri ve hasta üzerindeki yük de azaltılabilmektedir.[155]

Seçiçi çürük temizleme yönteminin temel prensibi çürüğün etkilenmiş dentine kadar temizlenmesidir. Ancak bazı durumlarda çürük enfekte (yumuşak) dentin seviyesine kadar da temizlenebilmektedir. Radyografik olarak lezyonun, dentinin pulpal üçte birlik kısmını geçmemiş, kemik kaybı ya da furkal patoloji bulgusu göstermediği durumlarda çürük etkilenmiş dentine kadar temizlenebilirken ; radyografik olarak dentinin pulpal üçte birini geçen, fakat pulpanın enfekte olmadığı düşünülen lezyonlarda çürük temizliğinin pulpal perforasyonun önüne geçebilmek adına enfekte dentinde bırakılması önerilmektedir. [156]

Bu yöntem ile hastada ağrı ve dental anksiyete oluşumu önlenmekte, yeterli kalınlık ve dayanıklılığa sahip uzun ömürlü bir restorasyonun yerleştirilebilmesi için, yalnızca gerekli miktarda dentin dokusunun uzaklaştırılmasına olanak tanınmaktadır.[157]

Hall Tekniği

İskoç diş hekimi Dr. Norna Hall'ın ismini taşıyan bu yöntem,[158] çürük dokunun uzaklaştırılmaksızın, önceden hazırlanmış paslanmaz çelik kronların (PÇK) cam

iyonomer simanla simante edilmesi yoluyla çürüğün sızdırmaz şekilde örtülmesini esas alan bir yaklaşımdır.[159] Uygulama sırasında herhangi bir çürük temizliği, kuron hazırlığı veya lokal anestezi kullanılmamaktadır. Klinik ve radyografik değerlendirme sonucunda pulpada geri dönüşümsüz bir durum olmadığı tespit edildikten sonra, uygun boyutta bir PÇK seçilerek çürük lezyonu ve kuron altındaki koronal yapı tamamen kapatılacak şekilde dişe simante edilir.[160] Yapılan çalışmalarda, Hall Tekniği ile tedavi edilen dişlerin klinik başarı oranlarının, pulpotomi veya restorasyon gibi geleneksel yöntemlerle tedavi edilen dişlerle karşılaştırıldığında oldukça benzer olduğu sonucuna varılmıştır.[161,162] Ayrıca, bu tekniğin minimal invaziv yapısı, çocuk hastalarda tedaviye bağlı anksiyetenin azaltılmasına olumlu katkı sağlamaktadır. [159]

Hall tekniği ile çürük yüzeyin tamamen örtülmesiyle, biyofilm aktivitesi ortadan kalkmakta ve bakteri oluşumunun önüne geçilmektedir.[163] Böylece pulpa-dentin kompleksi, pulpaya komşu bölgelerde reaksiyoner dentin birikimi için uygun fizyolojik koşullara sahip olabilmektedir. Ayrıca lokal anestezi, çürük uzaklaştırması ya da diş preparasyonu yapılmaksızın uygulanabilmesi avantajları arasındadır.[159]

Atravmatik Restoratif Tedavi (ART)

Atravmatik Restoratif Tedavi, yalnızca el aletleri kullanılarak çürük diş dokularının uzaklaştırılması ve ardından kavitenin florür salınımı yapan bir restoratif materyal ile restore edilmesine dayanan tedavi prosedürü olarak bilinmektedir.[164]

ART için kullanılan bir diğer terim ise "Alternatif Restoratif Tedavi'dir. Zimbabve ve Tayland'daki iki ayrı araştırma grubu, ART yönteminin uzun ömürlülüğünü ve etkinliğini test etmek üzere çalışmalar yürütmüştür. Elde ettikleri veriler sonucunda, 8 Nisan 1994 tarihinde Dünya Sağlık Günü kapsamında Dünya Sağlık Örgütü'nün Cenevre'deki merkezinde bu yöntemi ilk kez tanımlamışlardır. Böylece bu yöntem benimsenmiş ve düzenli diş sağlığı hizmetlerine erişimi olmayan topluluklar için yararlı bir teknik olarak dünya genelinde teşvik edilmeye başlanmıştır. [11] ART ilk kez uygulamaya konulduğunda, endikasyonu yalnızca gelişmekte olan ülkelerdeki dezavantajlı topluluklarda, başka bir tedavi seçeneği bulunmayan ve tedavi edilmediği takdirde diş çekimiyle sonuçlanacak kavitasyonlu çürük lezyonları ile sınırlıydı. Ancak bu tedavinin daha iyi restorasyonlar ile daha başarılı sonuçlar vermesi, ART'nin yalnızca dezavantajlı topluluklar için değil, aynı zamanda her türlü popülasyonda

uygulanabilecek minimal invaziv bir teknik olarak fayda sağlayıp sağlayamayacağı sorusunu gündeme getirmiştir. Özellikle kooperasyonun sağlanamadığı çocuk hastalarda ve rutin tedavilerin gerçekleştirilemediği özel gereksinimli bireylerde alternatif bir tedavi yöntemi olarak değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen birçok çalışma, ART'nin çürük yönetimi açısından uygun bir yaklaşım olduğunu ve konvansiyonel restorasyonlarla karşılaştırılabilir sonuçlar sunduğunu göstermektedir.[10,165–167]

ART'nin avantajları şu şekilde özetlenmektedir:

- ART yönteminde döner aletlerin değil yalnızca el aletlerinin kullanılması nedeniyle maliyet geleneksel yöntemlere göre daha düşük olmaktadır.
- İşlem neredeyse ağrısız olduğundan, lokal anesteziye olan ihtiyaç ortadan kalkmakta ya da en aza indirgenmektedir.
- ART, dekalsifiye olmuş dentin dokusunun uzaklaştırılmasını içerdiğinden, oluşturulan kavitelerde minimal doku kaybı meydana gelmektedir.
- Dolgu materyalinin retansiyonu için sağlam diş dokusunun prepare edilmesine gerek olmamaktadır. Retansiyon, restoratif materyalin kavite duvarlarıyla kimyasal bağlanması sayesinde sağlanmaktadır.
- Florür salan restoratif materyallerin kullanımı ile steril demineralize dentinin remineralizasyonu sağlanabilmekte ve sekonder çürük gelişimi önlenebilmektedir.
- İşlem tek seansta tamamlanabilmektedir.

ART yöntemi tüm bu avantajlarına rağmen bazı limitasyonlara sahiptir:

- ART restorasyonlarının geleneksel yöntem ile yapılan restorasyonlar kadar uzun ömürlü olmadığı bildirilmiştir.[11]
- Flor salınımı yapabilen restoratif materyallerin nispeten düşük aşınma direnci ve düşük mekanik dayanımı nedeniyle, kullanılabildikleri kavite genişlikleri diğer materyallere göre daha sınırlı olmaktadır. Süt dişlerindeki çok yüzeyli kavitelerde uygulanan ART restorasyonlarının sağkalım oranlarının tek yüzlü kavitelere göre daha düşük olduğunu belirtilmiştir. [167]
- El aletlerinin uzun süreli ve sürekli kullanımı, zamanla elde yorgunluğuna neden olabilmektedir. Ayrıca çürüğün el aletleri ile temizlenmesi, diğer minimal invaziv yöntemlere göre tedavi süresinin daha uzun olmasına neden olmaktadır.[11] Bununla birlikte ART uygulaması, konvansiyonel döner aletlerin kullanıldığı işlemlere kıyasla yaklaşık iki kat daha fazla zaman almaktadır.[168]

- Tedavide kullanılan materyallerde zamanla meydana gelen kenar uyumsuzlukları, sızdırmazlığın bozulması gibi durumlar sonucunda sekonder çürük gelişebilmektedir.[11]

Gümüş ile Modifiye Atravmatik Restoratif Tedavi (GMART)

ART restorasyonlarının başarısızlıkla sonuçlanmasının en yaygın nedenlerinden biri, restorasyon kenarlarında oluşan boşluklara bağlı olarak gelişen marjinal sekonder çürüktür.[2] Uygulanan restoratif materyalin viskozitesinin yüksek olması, restoratif materyalin dentin yüzeyine tam adaptasyonunu olumsuz etkileyebilmekte; bu durum marjinal boşluklar ve mikrosızıntı ile sonuçlanabilmektedir.[169] Ayrıca, ART yönteminde kavite kenarlarında döner alet ile herhangi bir düzenleme yapılmadığından, restorasyonun sızdırmazlığı konusunda şüpheler bulunmaktadır.[170]

Bunun üzerine yapılan çalışmalar sonucunda, yalnızca mine üzerinde döner alet kullanılarak düzenlenmesi ve ardından restorasyonun uygulanmasını içeren "Modifiye Atraumatik Restoratif Tedavi (Modifiye ART)" yöntemi geliştirilmiştir. Tek başına kavite formunun döner aletler yardımıyla düzenlenmesinin, bakteriyel kontaminasyon konusundaki dezavantajlarının önüne geçmemesinden dolayı kavitenin restorasyon öncesi dezenfekte edilmesi konusu da gündeme gelmiştir.[171]

Mevcut dezavantajların önüne geçmek amacıyla Gümüş ile Modifiye Atravmatik Restoratif Tedavi (GMART) yöntemi geliştirilmiştir.[12] Bu yöntem, GDF ve flor salabilen restorasyonların kullanımını birleştiren yeni bir tekniktir. Her ne kadar birçok dental çürük lezyonu GDF uygulaması sonrasında durdurulabilse de yapılan çalışmalar bazı çürük lezyonlarının durdurulamadığını göstermiştir. Çürüğün daha güvenilir şekilde durdurulabilmesi için birden fazla GDF uygulaması gerekli olabilmektedir.[172] Bu nedenle, çürük ilerlemesinin durdurulması, bu uygulamada hastanın birden fazla klinik ziyareti kabul edebilme uyumuna bağlı olmaktadır. Restore edilmemiş kaviteler, özellikle ağız hijyeni zayıf bireylerde, besin birikimi ve plak akümülasyonu için odak noktası hâline gelebilmektedir.[173] Hastanın oral hijyen motivasyonunun yeterli düzeyde olmaması, görünür plak birikiminin devam etmesine ve dolayısıyla çürük lezyonlarının durdurulması etkinliğinin azalmasına neden olabilmektedir.[174] Ayrıca tek başına GDF uygulaması, kaybedilen diş yapısını geri kazandırmaz ve çiğneme fonksiyonu ile oklüzyonu sağlayamamaktadır.[175] Bu nedenle GMART yönteminde,

GDF uygulaması sonrası diş dokusuna bağlanan ve sızdırmazlık sağlayan bir restorasyon ile tedavinin tamamlanması, kavite içerisinde kalan mikroorganizmaların besin kaynağını ortadan kaldırmaktadır.[155]

GMART yaklaşımı, mevcut çürüğün durdurulmasıyla beraber yeni çürük oluşumunu önlerken, aynı zamanda restorasyonun tamamlanmasıyla okluzyon ve çiğneme fonksiyonlarını da sağlamaktadır. GMART, lokal anestezine ihtiyaç duymadan geniş kavitelerin temizlenmesi, kavite tabanında etkilenen dentini ve periferde sağlam dentini bırakmayı hedefleyen güncel bir restoratif tekniktir.[12]

GDF'nin antimikrobiyal ve remineralizasyon sağlayan etkisi ile, uygulanan restoratif materyalerin florür salınımı bir araya geldiğinde sinerjik bir etki oluşturmakta ve sekonder çürük oluşumunu en aza indirerek tedavinin başarısını arttırmaktadır. Bu nedenle, GDF'nin neden olduğu renklenmeye rağmen, bu tedavi yaklaşımı önerilmektedir.[176]

Hall ve ART tekniğinde olduğu gibi bu yöntem de diş hekimliği hizmetlerine erişimi olmayan ve tedavi esnasında uyum sorunu yaşayan özel gereksinimli ve çocuk hastalarda kolaylıkla uygulanabilmektedir. Takip seanslarına gelmesi mümkün olmayan hastalarda, kavitasyonlu lezyonların uygun restoratif materyallerle restore edilmesi, restorasyonsuz bırakılmasına kıyasla daha uygun bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir.[12] Bu tedavi yönteminin ebeveynler tarafından kabul edildiği ve çocukların ağız sağlığına ilişkin memnuniyet üzerinde olumlu etkiler gösterebileceği bildirilmiştir.[175]

GMART tekniğinin avantajları şu şekilde özetlenebilir:

1. Yumuşak çürük dokunun minimal düzeyde uzaklaştırılması sayesinde asemptomatik pulpanın vitalitesinin korunmasına ve diş dokusunun maksimum düzeyde muhafaza edilmesine katkı sağlamaktadır.[176]
2. Yapılan çalışmalar, geride bırakılan çürük dokusunun ilerlemesinin GDF'nin antimikrobiyal ve remineralize edici etkileri sayesinde durdurulabildiğini göstermektedir.[171,177]
3. Uygulama, oldukça kısa sürede tamamlanmakta ve diğer tedavi yöntemlerine göre daha kolay ve güvenli bir tedavi seçeneği olarak bilinmektedir. Yapılan geniş kapsamlı çalışmalar sonucu herhangi bir yan etki bildirilmemiştir.[177]
4. Minimal kavite preparasyonundan ve GDF uygulamasından hemen sonra restorasyon yapılarak ağrısız ve nispeten kısa sürede tedavi

tamamlanmaktadır. Yapılan restorasyonun kavite sızdırmazlığını sağlamasıyla altta kalan bölgede bulunabilecek bakteriler için besin kaynağı ortadan kaldırılmış olmaktadır.[12,175]

5. GDF ve flor içerikli restorasyon materyalinin sinerjik etkisi sayesinde remineralizasyon güçlenmektedir. Restorasyon materyalinden salınan mineral içerikleri ile GDF'den salınan florür iyonları, birlikte remineralizasyon üzerinde sinerjik etki oluşturarak çürük lezyonunun remineralizasyonunu desteklemektedir.[171]

Tedaviden maksimum fayda sağlayabilmek için kullanılacak restoratif materyalin, GDF'nin remineralize edici etkisini arttırması beklenmektedir. GDF uygulaması sonrası dentine uzanan kavitelerin restorasyonu hem diş yapısının korunmasına hem de pulpa vitalitesinin sürdürülebilmesine katkı sağlamaktadır.[12] Ayrıca, restorasyon uygulaması GDF'nin neden olduğu renk değişikliklerini maskeleyerek estetik görünümün iyileştirilmesine de yardımcı olabilmektedir.[178]

Bu nedenle tedavi prosedüründe, cam iyonomer simanlar gibi florür ve diğer remineralize edici ajanları salma kapasitesine sahip restoratif materyallerin kullanımı tercih edilmektedir. Böylece etkilenmiş dentin tabakasında remineralizasyon sağlanabilmekte, bu durum, ince mine ve dentin yapısına ve nispeten büyük dental pulpaya sahip olan süt azı dişlerinin restorasyonunda önemli bir avantaj sağlamaktadır.[91]

GMART Yönteminin Uygulanışı:

1. GDF'nin yumuşak dokularda istenmeyen lekelenmelere yol açmasını önlemek amacıyla, çevredeki diş eti ve yumuşak doku bölgelerine vazelin (petroleum jelly) uygulanır.[171]

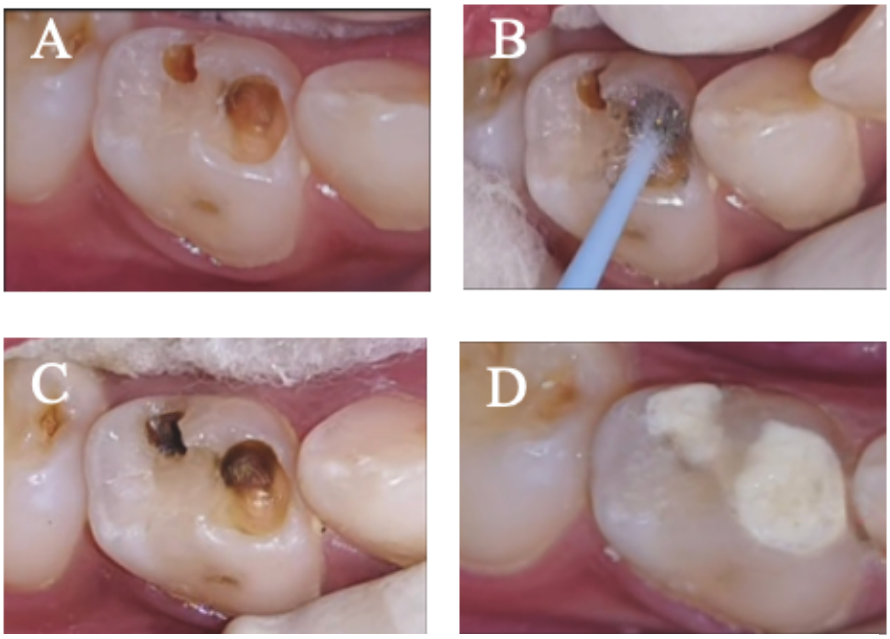
2. Pamuk rulolarla izolasyon sağlandıktan sonra, kavite yüzeylerindeki yumuşak debris uzaklaştırılır. Bu sayede GDF'nin çürük dentinle temasını artar. Çürük dentin yalnızca kavitenin çevresinde, temiz kavite sınırları elde etmek, restorasyonun bağlantısını kuvvetlendirmek ve sınır bölgelerindeki renklenmeyi azaltmak amacıyla uzaklaştırılır.[179]

3.Lezyon su ile yıkanır ve hava ile kurutulur. Ardından, GDF çürük dentine bir dakika süreyle mikro fırça yardımıyla uygulanır. Uygulama bölgesi, işlem sonrasında üç dakika izole şekilde bırakılır.[180]

4. GDF uygulamasının etkinliğini artırmak ve estetik sonuçları iyileştirmek amacıyla GDF sonrası, renklenmeyi maskelemek için potasyum iyodür uygulanabilir. KI, yüzey renksiz olana kadar(1–3 kez) tekrarlanarak uygulanabilir.[171]

5. Daha sonra uygulanacak restoratif materyal uygulanır, oklüzyon kontrolü sağlanır.

6. Hasta, GMART restorasyon yapılan tarafta 1–2 saat (geniş restorasyonlar için 48 saat) çiğneme yapmaması, ayrıca 2 gün boyunca yumuşak diyetle beslenmesi konusunda bilgilendirilir.[180] (Şekil 2.3)



Şekil 2.3. GMART Yöntemi uygulama basamakları, A)Sağ alt birinci süt azı dişinde çürüğün klinik görüntüsü B)Çürük uzaklaştırıldıktan sonra mikro fırça ile GDF uygulanması C) GDF uygulaması sonrası kavitenin görünümü D) Cam iyonomer siman restorasyonu.

2.3. Süt Dişlerinde Kullanılan Biyoaktif Restoratif Materyaller

Diş hekimliğinde güncel olan koruyucu yaklaşımlar, dişin sağlam yapısını mümkün olduğunca korumayı amaçlamaktadır. Bununla birlikte, minimal invaziv kavite preparasyonları, materyal dentin ara yüzeyini hidrolitik veya enzimatik bozunma süreçlerine karşı koruyan tedavi edici restoratif tekniklerle desteklenmektedir. Bu da zaman içinde bağlantının ve restorasyonun başarısız olmasını önlemektedir.[181] Minimal invaziv yaklaşımlarda etkilenmiş dentin ve bazı koşullarda enfekte dentin kavitede bırakılmakta ve bağlanma bu bölgede gerçekleşmektedir.[4] Bu bağlantının sağlam dentin ile olan bağlantıya göre daha zayıf olduğu bilinmektedir. Bu durumun, etkilenmiş dentin dokusunun azalmış biyomekanik özelliklerinden (örneğin elastikiyet modülü) ve dentinin kimyasal yapısı ile morfolojisinin etkilenmesinden, bunun sonucunda da adezivin penetrasyonun azalmasından kaynaklandığı belirtilmektedir.[182] Ayrıca, demineralize dentindeki kollajen içerisine adeziv monomerlerin düzensiz dağılımı ve yüzeyel penetrasyonu, bağlantının zayıflamasına neden olmaktadır.[183] Materyaller ile etkilenmiş dentin arasındaki bağın dayanıklılığını artırmak amacıyla, alternatif restoratif yaklaşımlar üzerine araştırmalar yoğunlaşmıştır.[184]

Güncel diş hekimliği yaklaşımlarında dentin dokusunu onarabilen materyallerin klinik açıdan önemi, temel olarak bu materyallerin iyon salınımı yoluyla altta kalan dokuyla etkileşime girmesi ve böylece materyal dentin ara yüzeyinin dayanıklılığını artırabilmesinden kaynaklanmaktadır.[185] Bu noktada "biyoaktif" materyaller, doku ile materyal arasında özel bir biyolojik yanıt oluşturarak bağlanmayı mümkün kılan materyaller olarak tanımlanmakta olup, söz konusu etkileşim mekanizmasının büyük ölçüde materyalin iyon salabilme kapasitesine dayandığı bildirilmektedir. [186]

Biyoaktif materyallerin restorasyon dayanıklılığını arttırması, dentindeki kollajen yıkıcı enzimlerin aktivitesini inhibe edebilme ve mineral birikimini sağlayabilme prensiplerine dayanmaktadır.[187] MMP'ler ve katepsin gibi dentin enzimlerinin, bağlanma ara yüzeyinde açığa çıkan kollajen liflerinin yıkımından sorumlu olduğu bilinmektedir.[188] Materyallerden salınan iyonların, açığa çıkan kollajenin yıkımını azalttığı ve mineral birikimini arttırdığı yapılan çalışmalarla gösterilmiştir.[189]

Son yıllarda, florür ve diğer iyonların salınımını yapan restoratif materyallerin kullanımı önemli ölçüde artmıştır. Bu hibrit sistemler, geleneksel cam iyonomer simanlar (GCİS) ve kompozit rezinlerle ilişkili sınırlamaları gidermek ve bu materyallerin klinik avantajlarını sürdürmek amacıyla geliştirilmiştir.[190] Söz konusu materyaller, asit-baz reaksiyonu, serbest radikal polimerizasyonu veya her iki mekanizmanın kombinasyonunu içeren farklı sertleşme mekanizmalarına sahiptir.[191]

2.3.1. Biyoaktif Kompozitler

Kompomerler

"Kompomer" terimi, "kompozit" ve "iyonomer" sözcüklerinin birleşiminden türetilmiştir. Bu genel terime ek olarak, bu materyaller "poliasit modifiye kompozit rezinler" olarak da adlandırılmaktadır.[192]

Kompomerler, organik monomerleri ve inorganik iyonomer içerikleri ile klasik rezin kompozitlerinden farklılık göstermektedir.[193] Rezin bileşeni, bisfenol A-glisidil metakrilat (Bis-GMA) gibi bazik bir monomer ve trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) veya üretan dimetakrilat (UDMA) gibi monomerlerle modifiye edilmiştir. Materyalin yapısında polimerizasyon başlatıcı olarak genellikler fotobaşlatıcılar (örn. kamforokinon) yer almaktadır.[194] Ek olarak, karboksilik asit (-COOH) grupları içeren fonksiyonel monomerler de bulunmakta olup; bu monomerler, kompomerlerin kimyasal yapısının iyonomer özelliği taşıyan kısmını oluşturur.

Kompomerler su içermediğinden, içeriğindeki -COOH grupları dehidrate durumdadır ve materyal polimerizasyonunu tamamladıktan sonra rezin matrikse yerleşir; bu nedenle materyal oldukça hidrofobiktir.[195]

Silanlanmış cam esaslı dolgu partikülleri, matrikse bağlanarak materyalin mekanik özellikleri geliştirir ve belirli koşullarda florür iyonlarının salımına katkı sağlar.[196] Bu materyallerin florürü yeniden şarj etmek kapasitesi mevcuttur. Kompomerlerin iyon salım düzeyi oldukça düşük olup, cam iyonomer siman türlerine kıyasla çok daha az olduğu bilinmektedir. [197]

Sertleşme mekanizması rezin kompozitlerle benzer olmakla birlikte (su içermemesi, fotopolimerizasyonla sertleşme, silanlanmış maddeler içermesi), sertleşme sonrasında polimerizasyon sürecinde iyon salınımı gerçekleştiğinden kompomerler, iyon salabilen materyaller olarak değerlendirilmektedir.[198] Ayrıca, estetik görünümleri,

biyouyumlulukları, iyi fiziksel ve mekanik nitelikleri, karıştırma gerektirmeyen tek şişe sistem olmaları ve kavite içerisine kolayca uygulanabilmeleri ile, yüzey işlemlerinin pratik şekilde tamamlanabilmesi gibi çeşitli avantajlara sahiptir.[199]

Kompomerler, geleneksel kompozitlere benzer klinik uygulamalar için geliştirilmiş olup Sınıf II ve Sınıf V kavitelerde, fissür örtücüler ve ortodontik bantların tutuculuğunda adeziv ajan olarak kullanılabilmektedir. Çocuk diş hekimliğinde yaygın şekilde tercih edilmekle birlikte, flor salınımı özellikleri, özellikle pedodontik uygulamalarda avantajlı bulunmuş ve bu amaçla çocuklara yönelik özel ürünler geliştirilmiştir.[193] Kompomerler, özellikle çocuk hastalarda, aşınma dirençleri süt dişlerine benzer olmasının da etkisiyle[200] rutin olarak kullanılmaktadır.

Giomerler

Giomer terimi, cam iyonomer siman ile rezin kompozit terimlerinin İngilizce birleşiminden türetilmiştir. Bu materyaller, poliasit-modifiye rezin grubuna dâhil olan ve başlangıçta inaktif hale getirilmiş reaktif içerik barındıran kompomerlerin aksine, susuz ve silanlanmış floroalüminosilikat partikülleri içermektedir.[201,202]

Giomerlerdeki rezin matriks yapı, kompozitlerde yer alan BisGMA ve diğer monomerler ile benzer bir kimyaya sahip olup; bu monomerler materyalin polimerizasyon özelliklerini geliştirmek amacıyla eklenmiştir. Materyalin sertleşmesi fotopolimerizasyon yoluyla sağlanır ve fotobaşlatıcılar, kompozit rezinlerde kullanılanlarla benzerdir.[203] Rezin kompozitlerinden farklı olarak, giomerlerin belirleyici özelliği, silanlanmış floro alumino silikat materyaller (örneğin, poliakrilik asit ile önceden işlem görmüş veya silika ile kaplanmış) içermesidir. Bu içerikler, materyalin rezin monomerleriyle reaksiyona girmesini ve su ile temas ettiklerinde iyon salımına uygun hale gelmelerini sağlar. Bu işlemle elde edilen dolgular "önceden reaksiyona girmiş cam iyonomer partikülleri'' olarak da bilinmektedir. [204]

Bu materyaller, tek bir firma tarafından (Shofu) tek kullanımlık kapsüller veya çok kullanımlık tüpler halinde üretilmiştir. Giomerler, tabakalı veya tek katman halinde uygulanabilmektedir.

Giomerlerin başlangıçtaki mekanik özelliklerinin, rezin kompozitlerle benzer olduğu bildirilmiştir.[205] Kompomerlerde olduğu gibi, bu materyalin iyon salınımı da ağız ortamında meydana gelen su absorbsiyonuna dayanmaktadır.[206] Giomerlerden iyon

salınımı oldukça düşük olmaktadır. Bu düşük iyon salımı, dentin dokularında remineralizasyonu indükleme kapasitesine sahiptir. Ancak, kompomerlerde olduğu gibi, giomerlerin de diş yapısına bağlanmak için bir adezive ihtiyaç duyması, mineralizasyon için gerekli olan difüzyon yolunu engelleyebilmektedir.[207]

Rezin kompozitlere kıyasla uzun dönem başarı oranları daha düşük olmasına rağmen,[203] giomerler servikal restorasyonlar, oklüzal restorasyonlar veya çocuk hastalarda restoratif materyal olarak kullanılabilmektedir.[208]

Activa BioActive Restorative (Pulpdent Corporation, Watertown, ABD)

Activa BioActive Restorative, üretici firma ve bazı araştırmacılar tarafından "biyoaktif kompozit" olarak tanımlansa da bazı kaynaklarda rezin modifiye cam iyonomer siman (RMCİS) sınıfında değerlendirilmektedir.[191] Bu materyalin toz fazında biyoaktif cam, kalsiyum, silika ve sodyum florür bulunurken; likit fazı, hidrojen polibütadien ile çeşitli metakrilat monomerleri, modifiye poliakrilik asit ve su ilavesiyle elde edilen modifiye diüretan içermektedir.[198]

Activa BioActive Restorative, hibrit kompozitlerle karşılaştırılabilir düzeyde aşınma direncine sahiptir. Rezin modifiye cam iyonomer simanlara (RMCİS) ve yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlara (YVCİS) göre aşınma direnci daha düşük olmakla birlikte, başlangıç eğilme direnci bu materyallerden daha yüksektir. Mekanik özellikleri açısından, kompozitler ile bunların türevleri olan kompomerler ve giomerlerle benzerlik göstermektedir.[191,209,210]

Flor salınımı açısından değerlendirildiğinde, Activa'nın flor salınım düzeyinin RMCİS ve YVCİS'e göre daha düşük olduğu, ancak kompomerler ve giomerlerle benzerlik gösterdiği ifade edilmektedir. İlk uygulamada belirgin bir flor salınımı gözlenmemekle birlikte, flor iyonlarını yeniden alma kapasitesine sahiptir.[211] Üretici firma tarafından, materyalin flor ve kalsiyumun yanı sıra fosfat iyonu da salabildiği belirtilmektedir.
Activa BioActive Restorative, üretici firma tarafından tüm direkt anterior ve posterior restorasyonlarda kullanım için önerilmektedir. Ayrıca materyalin ara tabaka olarak da kullanılabilen formu mevcuttur.[212]

Cention (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn)

Cention, "alkasit" sınıfına dahil edilen ve kompozit rezinlerin alt türü olarak sınıflandırılan bir materyaldir. Yapısında yer alan alkalin cam dolgu partikülleri

sayesinde, asidik ortamlarda flor, kalsiyum ve hidroksil iyonları salarak çevresel pH'yı dengelemekte ve demineralizasyonun önüne geçebilmektedir. Cention N, toz ve likit olmak üzere iki fazdan oluşur. Toz fazı üç tip inorganik cam içerir:

1. İnert (reaktif olmayan) güçlendirici dolgu – konvansiyonel baryum aluminosilikat cam,

2.Reaktif dolgular: cam iyonomer simanlara (GİS) benzer şekilde kalsiyum-baryum-floroaluminosilikat cam,

3. Kalsiyum florosilikat cam. (Bu grubun, asidik ortamda yüksek etkinlik göstermesi nedeniyle ve üretici firmanın bu materyallere "alkasit" adını vermiştir.)

Likit fazı ise UDMA (üretan dimetakrilat), Trisiklik dekan dimetanol dimetakrilat, Tetrametil-ksililen diüretan dimetakrilat, Polietilen glikol 400 dimetakrilat, Ivocerin® (fotopolimerizasyon başlatıcısı) ve Hidroperoksitten oluşmaktadır. Bu fazda su ya da asidik monomer bulunmaz.[198,213]

Alkasitler hem otopolimerizasyon hem de ışıkla polimerizasyon yoluyla sertleşebilmektedir. Cention N'de toz ve likidin karıştırılmasıyla kimyasal aktivatör devreye girer ve kimyasal polimerizasyon reaksiyonu başlar. Sertleşme reaksiyonu, ışık polimerizasyonu ile tamamlanabilmektedir. Ekstra ışık uygulaması, polimerizasyon verimini ve sürecin etkinliğini arttırdığı bilinmektedir.[213] Materyalin içeriğinde bulunan ve materyale özgü olan Isofiller, polimerizasyon sırasında büzülme stresini azaltan bir "stres emici" olarak işlev görür ancak uygulamanın kendiliğinden sertleşme modunda dönüşüm derecesi yetersiz kaldığından ışıkla polimerizasyon önerilmektedir.[214]

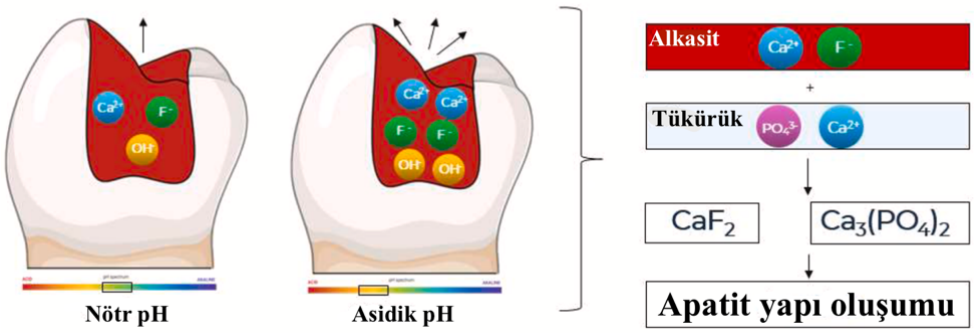
İlk olarak toz-likit formunda geliştirilen Cention N'in ardından kapsül formunda Cention Forte piyasaya sürülmüştür. Cention N'in mekanik tutuculuğun sağlanamadığı kavitelerde adeziv sistem ile kullanılması önerilirken, Cention Forte'un ise tüm kavitelerde üretici tarafından sunulan özel primeri ile uygulanması tavsiye edilmektedir. Bu yaklaşımın temel gerekçesi, kullanılan adeziv sistemin hibrit tabaka oluşumunu desteklemesidir. Cention N ve Cention Forte'un içeriklerinin aynı olduğu, yalnızca uygulama ve kullanım biçimine ilişkin minör farklılıklar bulunduğu bildirilmiştir (Tablo 2.3) [215].

Tablo 2.3. Cention N ve Cention Forte uygulamaları arasındaki farklar

	Cention N	**Cention Forte**
Hazırlık	El ile karıştırma, karışım oranı: 1 damla sıvı + 1 ölçek toz	Kapsül, karıştırıcı
Sıcaklığa bağlı karıştırma süresi	–	<22 °C – 17 sn 22–26 °C – 15 sn >26 °C – 13 sn
Adeziv kullanımı	Evet – retantif olmayan kaviteler için Hayır – retantif kaviteler için	Cention Primer
Renk	Tek renk	Tek renk
Polimerizasyon	Kendiliğinden ve ışıkla polimerizasyon	Kendiliğinden ve ışıkla polimerizasyon

Kısa hazırlık süresi, mekanik yeterliliği, çürük önleyici potansiyeli ve geleneksel veya rezin modifiye cam iyonomerlere göre daha estetik, translusent görünümü gibi önemli avantajlara sahiptir.[213] Yapılan çalışmalar sonucunda, materyalin asidik ortamları nötralize etme kapasitesine sahip olduğu, uzun süreli laktik asit maruziyeti altında mine ve dentin demineralizasyonunu önlediği gösterilmiştir.[215]

Materyal hem süt hem de daimi dişlerde sınıf I, II ve V restorasyonlarında kullanılabilmektedir (Şekil 2.4).[216]



Şekil 2.4. Alkasit restoratif materyalin iyon dağılımı

Surefil One (SDR, Dentsply Sirona, Konstanz, Almanya)

Hem süt hem de daimi dişlerin restorasyonunda kullanılmak üzere geliştirilen yeni nesil self adeziv restoratif bir materyal olan Surefil One (SDR, Dentsply Sirona, Konstanz, Almanya), tek adımda asitleme, adeziv uygulama ve restorasyonu mümkün kılan bir sistem olarak klinik kullanıma sunulmuştur. Bu materyal, cam iyonomer simanların uygulama kolaylığı ve hızını, kompozit materyallerin uzun ömürlülüğü ve yapısal dayanıklılığı ile birleştirmeyi hedeflemektedir. Surefil One'ın temel bileşeni olan modifiye edilmiş poliakrilik asit, özgün yapısı sayesinde self adeziv restoratif materyallerin geliştirilmesinde katkı sağlamıştır. Modifiye edilmiş poliakrilik asiti diğer sistemlerden ayıran özellik, hidrolitik olarak stabil bir poliakrilik asit yapısına polimerize olabilen grupların eklenmiş olmasıdır. Bu yapı, materyalin diş dokusuna bağlanmasını ve çapraz bağlarla güçlenen bir ağ yapısı oluşturmasını sağlayarak mekanik dayanımını artırmaktadır. Ayrıca, ön hazırlık ya da özel kavite şekillendirmesi gerektirmeksizin tek katman halinde uygulanabilmesi, özellikle zamandan tasarruf ve kooperasyonun zayıf olduğu çocuk hastalarda klinik açıdan önemli bir avantaj sunmaktadır.[217]

2.2.3. Cam İyonomer Simanlar (CİS)

Geçmişte çinko fosfat simanlarındaki fosforik asidin yerine poliakrilik asidin kullanılması ve silikat simanların geliştirilmesi günümüzde kullanılan cam iyonomer simanların üretilmesi açısından öncülük etmiştir. Sonraki dönemlerde silikat cam tozunun sağlamlık, rijitlik ve flor salınımı gibi özellikleri ile poliakrilik asit sıvısının biyouyumluluğu ve adeziv özellikleriyle birleştirilmesiyle CİS geliştirilmiştir.[218]

Cam İyonomer Simanların Bileşimi ve Karıştırılması

Bu materyaller, temel olarak polimerik yapıda, suda çözünebilen bir asit, bazik (iyon salabilen) bir cam ve sudan oluşmaktadır.

Cam iyonomerlerde kullanılan polimerik yapıdaki asit, polialkenoik asitlerdir. Bunlar poliakrilik asit homopolimeri ya da akrilik asit ile maleik asidin 2:1 oranındaki kopolimeridir.[219] Materyalin yapısında bulunan polimerler, simanın mekanik özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Polimerin yüksek molekül ağırlıklarının, sertleşmiş simanın dayanımını artırdığı bilinmektedir. Ayrıca akrilik asit

homopolimerleriyle hazırlanan simanların, ilk 4–6 hafta içerisinde basınç dayanımında artış gösterdiği bildirilmiştir .[220]

Materyalin içeriğinde kullanılan alümino-silikat camlar bazik niteliktedir, bu sayede içerisinde buluan asit polimer ile reaksiyona girerek tuz oluşturabilmektedir. Bu camların bazik karakteri, alumina ve silikanın birlikte kullanılması sayesinde elde edilmektedir.

Florür, cam iyonomerlerde kullanılan camların önemli bir bileşenidir. Florür içeren camlar, cam iyonomerlerin ilk tanımlandığı dönemde bildirilen ilk örnekler arasındadır ve iki farklı formülasyonu mevcuttur:

- SiO_2-Al_2O_3-CaF_2 (Silisyum dioksit – Alüminyum oksit – Kalsiyum florür)
- SiO_2-Al_2O_3-P_2O_5-CaO-CaF_2 (Silisyum dioksit – Alüminyum oksit – Fosfor pentaoksit – Kalsiyum oksit – Kalsiyum florür).[221]

SiO_2–Al_2O_3–P_2O_5–CaO–CaF_2 bileşenlerinden oluşan cam tozları, cam iyonomer simanların temel yapısal bileşenlerini oluşturur. Silisyum dioksit (SiO_2) camın iskelet yapısını sağlar, sertlik ve kimyasal dayanıklılık kazandırır. Alüminyum oksit (Al_2O_3), camın asidik sıvılarla reaksiyona girme yeteneğini artırır ve materyalin mekanik dayanımını güçlendirir. Fosfor pentaoksit (P_2O_5) ise ağ yapıcı olarak görev yapar ve camın çözünürlüğünü kontrol eder. Kalsiyum oksit (CaO), camın erime sıcaklığını düşürür ve cam yapısının kimyasal stabilitesine katkı sağlar. Kalsiyum florür (CaF_2) ise materyalin florür salarak çürük önleyici etki göstermesini sağlar. Bu şekilde formüle edilen cam yapıları, polikarboksilik asitlerle reaksiyona girerek hem kimyasal hem de fiziksel dayanıklılığı yüksek, biyouyumlu restoratif materyallerin oluşmasına imkân tanır.[218]

Cam iyonomerlere stronsiyum ilave edilmesi, materyalin kalsiyum içeren formuna kıyasla radyopasitesini ve flor salınımını arttırmaktadır. Bu tür camlarda kalsiyumun yerine stronsiyum eklenmesi, CaO (Kalsiyum oksit) ve CaF_2 (Kalsiyum florür) yerine SrO (Stronsiyum oksit) ve SrF_2 (Stronsiyum florür) bileşikleri kullanılarak sağlanabilmektedir . [221]

Cam iyonomerin üçüncü temel bileşeni olan suyun, birden fazla işlevi vardır. Su; polimerik asit için çözücü işlevi görür, polimerin proton salarak asit gibi davranmasını sağlar, sertleşme reaksiyonunun gerçekleştiği ortamı oluşturur ve son olarak da

sertleşmiş simanın bir bileşenidir. Bağlanmamış su, yeni uygulanmış cam iyonomer siman yüzeyinden buharlaşabilir. Bu durum, mikroskobik çatlakların oluştuğu yüzeyde istenmeyen tebeşirimsi bir görünüme yol açar. Bu nedenle simanın uygun bir vernik ya da vazelin ile kaplanarak korunması önerilmektedir. [220]

Cam İyonomer Simanların Sertleşmesi

Cam iyonomer simanlar, karıştırıldıktan sonraki 2–3 dakika içinde asit-baz reaksiyonu ile sertleşir. İlk adımda, poliasitten gelen protonlar, cam partiküllerinin yüzeyindeki bazik bölgelerle reaksiyona girer. Bu süreç, camdan poliasit çözeltisine Na^{+} ve Ca^{2+} (veya Sr^{2+}) gibi iyonların, ardından hızlıca Al^{3+} iyonlarının geçişiyle sonuçlanır. Bu iyonlar, poliasit molekülleriyle etkileşerek iyonik çapraz bağlar oluşturur ve oluşan çözünmeyen, sertleşmiş siman için rijit bir iskelet meydana getirir. İkinci aşama Al^{3+} iyonlarının katıldığı çapraz bağlanmadır. Bu ikinci aşama yavaş ilerler ve yaklaşık bir gün boyunca devam eder.[222]

Başlangıçtaki bu sertleşmenin ardından "matürasyon" olarak adlandırılan, zamanla gerçekleşen ve cam iyonomer simanın fiziksel özelliklerinde çeşitli değişikliklerle ilişkilendirilen reaksiyonlar devam eder.

Florür Salınımı

Florür salınımı, cam iyonomer simanların en önemli avantajlarından biri olarak kabul edilir.[223] Bu salınım genellikle ilk hızlı salınım evresiyle başlayıp, ardından daha düşük seviyede ve difüzyon temelli sürekli bir salınım halinde devam eder. Florür salınımı, asidik koşullarda artış gösterir. Bu durum, genellikle nötr pH'a göre daha yüksek miktarda salınan alüminyum iyonları ya da hidrojen iyonlarıyla ilişkilidir. Florür salınımı sonucunda AlF_4^- veya HF_2^- kompleksi ya da ayrışmamış HF oluşabilir. Ayrıca cam iyonomer simanlardan salınan florür hidroksiapatite nüfus ederek, floroapatit oluşturabilmektedir. [224] Bununla birlikte florür, cam iyonomer simanlar tarafından erken dönemde geri alınabilmektedir (yeniden yükleme).[225]

Cam İyonomer Simanların Klinik Uygulamaları

Cam iyonomer simanlar, diş hekimliğinde geniş bir kullanım alanına sahip olup özellikle süt dişlerinde restoratif materyal olarak yaygın şekilde tercih edilmektedir. Klinik uygulamalardaki kullanım amaçlarına göre bu materyaller; yapıştırma

simanları, restoratif simanlar ve astar ya da taban simanları olmak üzere üç ana grupta sınıflandırılmaktadır.

Cam İyonomer Simanların Adezyonu

Cam iyonomerlerin yapısında bulunan poliakrilik asit gibi polimerlerin, materyalin en önemli özelliklerinden biri olan kimyasal adezyonu sağladığı bilinmektedir.[220]

Cam iyonomer simanların diş dokusuna bağlanması, dentin yüzeyindeki mikromekanik tutuculuğun yanı sıra, poliasit zincirlerindeki karboksilat gruplarının dişin kalsiyum iyonları ile oluşturduğu gerçek kimyasal bağlanma sayesinde gerçekleşmektedir.[226] İlk olarak hem simanın hem de diş yüzeyinin hidrofilik doğası nedeniyle siman, diş yüzeyinin uygun şekilde örtülebilmesini sağlar. Sonrasında simanın serbest karboksil grupları ile diş yüzeyindeki bağlı su molekülleri arasında hidrojen bağlarının oluşmasıyla adezyon hızlanır. Oluşan hidrojen bağları zamanla yerini, diş yüzeyindeki katyonlarla simandaki anyonik fonksiyonel gruplar arasında oluşan gerçek iyonik bağlara bırakır. Uzun vadede, simandan ve diş dokusundan gelen iyonların ara yüzey bölgesine doğru hareket ettiği bir difüzyon süreci meydana gelir ve bu da bir iyon değişim tabakasının oluşmasına yol açar. Ayrıca, poliakrilik asitin karboksilat grupları ile yüzey arasında güçlü bağların var olduğu bilinmektedir. Bu bulgular, cam iyonomer siman ile diş dokusu arasında dayanıklı ve stabil bir bağın oluştuğunu ortaya koymaktadır.

Adezyon, cam iyonomer simanların diş içinde tutunmasını desteklemesi ve marjinal sızıntıyı azaltması veya ortadan kaldırması nedeniyle önemlidir. Bu durum, zararlı mikroorganizmaların restorasyonun altındaki boşluğa yerleşerek çürük oluşturmasını engeller. [227]

Biyoaktivite

Cam iyonomer simanlar, çevresindeki ortama biyolojik olarak aktif iyonlar (florür, sodyum, fosfat ve silikat) salabilme özelliklerine sahiptirler. Asidik ortamlarda bu iyonlar, nötr ortamlara kıyasla daha büyük miktarlarda serbest bırakılır. Salınan bu iyonlar, sahip oldukları biyolojik özellikler ile remineralizasyona katkı sağlarlar. Ayrıca, cam iyonomerlerin sahip olduğu iyonları geri alma (recharge) kapasitesi sayesinde, tükürükte bulunan kalsiyum ve fosfat iyonları alınır, böylece demineralizasyona karşı daha dirençli bir yüzey geliştirilmesi sağlanır.[228]

Cam iyonomerler çevresiyle iyon alışverişinde bulunabilmektedir. Bu sayede diş yüzeyinde, zamanla aside karşı oldukça dirençli, iyon bakımından zengin bir tabaka oluşur. Bu durum, cam iyonomer restorasyonlarda sekonder çürük oluşma ihtimalini de azaltmaktadır.[229]

Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Siman (YVCİS)

Yüksek viskoziteli cam iyonomerler (YVCİS), reaksiyon hızını artırmak amacıyla küçük floro alumina silikat dolgu partikülleri ile belirli yüzey işlemlerine tabi tutulmuş maddeler içermektedir. [230] Bu ilavelerle YVCİS'lerin GCİS'lere göre toz/sıvı oranının artırılması ve poliakrilik asidin moleküler ağırlığının yükseltilmesi sağlanmıştır. Materyalde meydana getirilen kimyasal değişiklikler sayesinde, erken sertleşme reaksiyonunun süresi kısaltılmış ve böylece neme karşı hassasiyet de azaltılmıştır.[231]

Yapılan değişiklikler, eğilme direncini önemli ölçüde artırarak koheziv kırık oluşma riskini azaltmaktadır. Koheziv kırık, GCİS'lerde başarısızlığının başlıca nedeni olarak bilinmektedir. Ayrıca, bu materyallerin aşınma direnci GCİS'lere göre klinik olarak kabul edilebilir düzeydedir.[228]

Yüksek viskoziteli cam iyonomerlerin flor salınım ve yeniden şarj mekanizmaları, uygulama esnasında salınan flor dahil olmak üzere, GCİS'ler ile benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte, YVCİS'ler genellikle GCİS'lere göre daha az florür salınımı yapmaktadırlar.[232] Bu iyon salımının, yapılan çalışmalar sonucunda sert diş dokularındaki remineralizasyonu desteklediği gösterilmiştir.[233]

Bu materyaller, oklüzal restorasyonlarda, Sınıf I ve Sınıf II oklüzal kavitelerde, süt dişlerinin restorasyonunda kullanılabilmektedirler. [198]

Rezin Modifiye Cam İyonomerler (RMCİS)

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS), diş hekimliği alanına ilk kez 1991 yılında tanıtılmıştır. Yapılarında GCİS'lerde bulunan temel bileşenler mevcut olmakla birlikte, ek olarak, bir monomer bileşeni ve buna eşlik eden başlatıcı sistemi de içerirler. Kullanılan monomer genellikle 2-hidroksietil metakrilat (HEMA)dır, başlatıcı ise kamforkinondur. RMCİS'ler, çift mekanizmalı bir sertleşme süreci ile sertleşirler:

1. Asit-baz nötralizasyon reaksiyonu
2. Polimerizasyon reaksiyonu

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar, yapısındaki değişiklikler sayesinde GCİS'lere kıyasla daha yüksek mekanik dayanım, yüzey sertliği ve nem direnci göstermektedir. Florür salımı geleneksel cam iyonomerlere benzer şekilde iki aşamalı bir süreç izlemektedir:

1. İlk aşamada hızlı bir salınım, yani "erken faz" gerçekleşir,
2. Bunu difüzyon temelli sürdürülebilir salınım süreci izler.

GCİS'e benzer şekilde, RMCİS'ler de nötr koşullarda sodyum, alüminyum, fosfat ve silikat gibi iyonları az miktarda serbest bırakırlar. Ancak asidik koşullarda, bu iyonların salınımı artar ve buna ek olarak kalsiyum (veya stronsiyum) iyonları da serbestleşir. Asidik ortamda iyon salınımı ile bir tamponlama etkisi de gözlemlenir; yani, depolama ortamının pH değeri zamanla artış gösterir.[234]

Rezin modifiye cam iyonomerler, GCİS'lerle aynı klinik kullanım alanlarına sahiptir. Sınıf I, II ve III restorasyonlar (özellikle süt dişlerinde), Sınıf V restorasyonlar, astar (liner) ve taban (base) olarak, fissür örtücü olarak ve ortodontik braketlerin yapıştırılmasında bağlayıcı ajan olarak kullanılabilmektedir.[235]

Cam Karbomer

Cam karbomer, GCİS'e kıyasla biyolojik etkinliği artırılmış bir cam iyonomer türüdür. Bir cam iyonomer türü olarak bilinmekle birlikte, polimerizasyonu sulu polimerik asit ile iyon salınımı yapabilen bazik cam arasındaki asit-baz reaksiyonu ile gerçekleşmektedir. Bununla birlikte, formülasyonunda GCİS'te bulunmayan bazı bileşenler de yer alır:[236]

Asit ile yıkanmış cam tozu: Asitle yıkama işlemi, camın poliakrilik asit ya da akrilik/maleik asit kopolimeri ile reaksiyona girme yeteneğini azaltır.

Polidimetilsiloksan içeren silikon yağı: Genellikle doğrusal yapıda olan bu yağ, hidroksil grupları içerir. Bu sayede, simanın diğer bileşenleriyle hidrojen bağları kurabilir ve sertleşme sonrası yapının içinde bağlı kalır. Ayrıca cam tozuna katılan silikon yağı, cam yüzeyine adsorbe olarak, poliasit ile etkileşimi daha da sınırlar. Bunun sonucunda, cam karbomer materyali, toz-sıvı oranı yüksek olacak

şekilde kolayca karıştırılabilir, ancak bu iki bileşen arasında sınırlı bir reaksiyon meydana gelir.

Biyoaktif bileşen (ikincil dolgu maddesi): Yapılan çalışmalar sonucu bu biyoaktif bileşenin hidroksiapatit olduğu gösterilmiştir. Bu bileşen, cam iyonomer esaslı fissür örtücülerde, diş yüzeyi ile temas bölgesinde mine benzeri bir yapı oluşumunu desteklemek amacıyla ilave edilmiştir.

Cam karbomer materyalinde kullanılan cam, diğer cam iyonomerlere göre daha az stronsiyum ve kalsiyum, daha yüksek miktarda silisyum içerir.[237]

Materyal karıştırıldıktan sonra, yavaş gerçekleşen sertleşme reaksiyonu, en az 20 saniye süreyle polimerizasyon cihazı uygulanarak hızlandırılır. Bu işlem, fotopolimerizasyon amacıyla değil, ışık cihazından yayılan ısının kullanılması amacıyla gerçekleştirilir. Isı artışı, materyalin daha kısa sürede sertleşmesini sağlar.[236]

Sertleşme reaksiyonuna yönelik çalışmalar, cam carbomer materyalinin sertleşmesinin iki reaksiyon ile gerçekleştiğini göstermektedir: biri cam ve poliasit, diğeri ise hidroksiapatit ve poliasit arasındadır. Her iki reaksiyon da asit-baz temellidir ve iyonik olarak çapraz bağlanmış, dolgu maddeleri içeren bir poliasit matriksi oluşumuyla sonuçlanır. Bu durumda, dolgu maddesi yalnızca kalsiyumdan arındırılmış cam değil, aynı zamanda kısmen reaksiyona girmiş hidroksiapatit de içerir. Elde edilen bu matriks, klasik cam iyonomer simanlarda gözlemlenen yapıya benzemektedir; ancak farkı, polidimetilsiloksan yağı da içermesidir.[238]

2.4. Süt Dişi Dentini ve Süt Dişi Dentinine Bağlantı

Süt dişi dentini, gelişim sürecine bağlı olarak prenatal ve postnatal olmak üzere iki farklı tabakadan oluşmaktadır. Bu tabakalar arasında yapısal anlamda önemli farklar gözlemlenmektedir; prenatal dentin daha homojen ve yoğun bir yapıya sahipken, postnatal dentin daha düşük yoğunlukta ve daha gözeneklidir.[239]

Süt dişi ve daimi diş dentini arasında birçok yapısal farklılık bulunmaktadır (Tablo 2.4). Bu farklılıklar sonucunda, süt dişi dentininde mikrosertlik değerleri daimi dişlere kıyasla anlamlı düzeyde daha düşüktür. Ayrıca, pulpa yönüne doğru ilerledikçe hem mikrosertlik hem de elastisite modülü değerlerinde azalma gözlemlenir. Bu durum,

yüzeyel dentine kıyasla derin bölgelerin mekanik olarak daha zayıf olduğunu göstermektedir.[240]

Tablo 2.4. Süt dişi dentini ve daimi diş dentini arasındaki farklar

	Süt Dişi Dentini	Daimi Diş Dentini
Tübüllerin doğrultusu	Kole bölgesinde daha düzgün bir doğrultu izler.	Daha kıvrımlı bir yapıya sahiptir.
Tübüllerin Çapı	Süt dişi dentininde tübül çapları daimi diş dentinine göre daha fazladır.	Daimi dişi dentininde tübül çapları süt diş dentinine göre daha azdır.
Tübül Sayısı	Daimi diş dentinine göre daha az sayıda tübül içerir.	Süt dişi dentinine göre daha fazla sayıda tübül içerir.
Mineralizasyon	Daimi diş dentinine göre oldukça az mineral yoğunluğuna sahiptir.	Süt dişi dentinine göre daha fazla mineral yoğunluğuna sahiptir.
Çevresel etkilere karşı hassasiyet	Geçirgenlik ve hassasiyet daimi diş dentinine göre daha fazladır.	Geçirgenlik ve hassasiyet süt dişi dentinine göre daha azdır.
Kalınlık	Daimi diş dentinin kalınlığının yarısıdır.	Süt dişi dentinin iki katı kalınlığa sahiptir.
Kalsiyum ve fosfor içerikleri	Peritübüler ve intertübüler dentinin kalsiyum ve fosfor içerikleri daimi diş dentinine göre daha azdır.	Süt dişi dentinine göre oldukça fazla kalsiyum ve fosfor içeriğine sahiptir.

Süt dişi dentinine bağlanma mekanizması, daimi dişlerde olduğu gibi hibrid tabaka oluşumu ve rezin taglarının penetrasyonu yoluyla gerçekleşmektedir. Ancak, süt dişlerinin mineral içeriğinin daha düşük olması, dentin tübül sayısının azlığı ve tübül çaplarının daha geniş olması nedeniyle, asidik ajanların tübüller boyunca penetrasyonu daha derin gerçekleşir. Bu durum, değişime uğrayan yüzey tabakasının daha fazla demineralize olmasına yol açar ve bu da restoratif materyallerin bağlanma kapasitesini doğrudan etkileyebilmektedir. [239]

Mineye ve dentine bağlanabilen adeziv restoratif materyallerin geliştirilmesi, çürük ve defektlerin tedavisindeki başarıyı önemli ölçüde artırmış; restorasyon sonrası hassasiyet, kenar renklenmesi ve sekonder çürük oluşumu gibi tedavi başarısını olumsuz etkileyen klinik sorunları mümkün olduğunca azaltmıştır.[241]

Adezyon dört temel mekanizma ile açıklanabilmektedir:

1- Mekanik adezyon: Adezivin (adezyonu sağlayan madde) , aderent (adezivin uygulandığı yüzey) yüzeydeki mikrodüzensizliklere kilitlenmesiyle oluşur.
2- Adsorbsiyon adezyonu: Adeziv ile aderent arasında primer (iyonik-kovalent) veya sekonder (hidrojen bağı-dipol-van der Waals) kimyasal bağlarla gerçekleşir.
3- Difüzyon adezyonu: Hareketli moleküller arasındaki karşılıklı difüzyona dayalı bağlanmadır.
4- Elektrostatik adezyon: Metal ve polimer gibi farklı yapılı düz yüzeyler arasındaki elektrostatik etkileşimlere bağlı zayıf bağlanmadır.

Sağlam bir adezyon, adeziv ile aderent arasındaki temasa bağlıdır. Adezivin aderent yüzeyinde oluşturduğu küreye çizilen teğet ile yüzey arasındaki değim açısının sıfıra yaklaşması, temiz yüzey ve adezivin mine-dentin yüzey enerjisinden daha düşük yüzey enerjisine sahip olmasıyla mümkün olur.[242]

Adeziv bağın başarısızlığa uğraması halinde üç kırılma tipi gözlenir: koheziv kırılma (materyal içinde), adeziv kırılma (ara yüzeyde) ve miks kırılma (her ikisinin birlikte görülmesi).

Restoratif materyaller ile süt dişi dentini arasındaki yüksek bağlanma dayanımı, kuvvetli adezyon sağlayarak, dişin düşme zamanı gelene kadar sağlıklı bir şekilde idamesine katkı sağlar. Bu nedenle kullanılacak materyalin süt dişi dentinine adezyon miktarı oldukça önemlidir.[243]

2.5. Bağlantı Dayanımı Testleri

Diş dokusu ile restoratif materyal arasındaki bağın gücü, polimerizasyon sürecinin başarısını ve materyalin fonksiyonel streslere karşı dayanımını doğrudan etkilemektedir. Restoratif materyallerin klinik başarılarını uzun vadede değerlendirmede en güvenilir yöntemler klinik çalışmalardır; ancak bu tür çalışmaların tamamlanması genellikle oldukça uzun zaman gerektirmektedir. Ayrıca in vivo yöntemler yüksek maliyetli olmaları ve standartlaştırılmalarının zor olması gibi dezavantajlara da sahiptir. [244]

Bu sürecin zaman açısından getirdiği kısıtlamaları aşmak, sürekli geliştirilen yeni materyallerin daha hızlı ve sistematik bir biçimde değerlendirilebilmesini sağlamak ve

klinik uygulamalarda karşılaşılabilecek öngörülemeyen biyolojik tepkileri en aza indirmek amacıyla laboratuvar ortamında gerçekleştirilen in-vitro testler önem kazanmıştır. Bu bağlamda, bağlanma dayanımı testleri hem adeziv sistemlerin karşılaştırmalı analizlerinde hem de restoratif materyallerin diş dokusuna olan bağlanma özelliklerinin incelenmesinde en sık tercih edilen in vitro yöntemler arasında yer almaktadır.[245]

Ara yüzeyde oluşan bağlanma kuvveti, çeşitli mekanik testlerle ölçülebilir. Bu testler, uygulanan yük tipi ve bağlanma alanının büyüklüğüne göre sınıflandırılabilir. Bağlanma yüzeyinin alanına göre yapılan sınıflamada; makro testler (4–28 mm²) ve mikro testler (yaklaşık 1 mm²) şeklinde bir ayrım yapılmaktadır.[244]Ayrıca bağlantı dayanım testleri, diş-restorasyon ara yüzeyine uygulanan stresin yönüne göre sınıflandırılabilmektedir. Gerilme kuvveti yüzeye dik uygulandığında çekme testi, paralel uygulandığında ise makaslama testi olarak tanımlanır.

Bağlantı dayanımını değerlendiren test türleri şunlardır:

- Makro düzeyde makaslama bağlantı dayanım testi (shear)
- Makro düzeyde gerilim (çekme) bağlantı dayanım testi (tensile)
- İtme testi (push-out)
- Mikromakaslama bağlantı dayanım testi (micro shear)
- Mikrogerilim (mikroçekme) bağlantı dayanım testi (micro tensile)[246]

Bu testler, genellikle universal test cihazları kullanılarak gerçekleştirilir. En sık başvurulan test türleri makaslama ve mikrogerilim testleri olarak bilinmektedir.

Çekme (Gerilim) Testi: Bu yöntemde, restoratif materyalin bağlandığı yüzeye dik yönde (yaklaşık 90°) bir kuvvet uygulanır ve yapışma alanı bu kuvvetle ayrılır. Ancak bu testte örneklerin hizalanmasında oluşabilecek açısal hatalar, yanlış sonuçlara neden olabileceği için dikkatli örnekleme ve sabitleme gerektirir.

Makaslama Testi: Bu testte ise uygulanan kuvvet, diş yüzeyine paralel bir doğrultudadır. Örnekler özel tutucularla test cihazına sabitlenir ve sabit hızla ilerleyen bir makaslama kafası yardımıyla yapışma alanı üzerinden kuvvet uygulanarak kırılma sağlanır (Şekil 2.4).[244] Diğer test yöntemlerine kıyasla bağlantı ara yüzeyindeki dayanımı daha doğrudan yansıttığı ve teknik hassasiyeti daha düşük olduğu için makaslama bağlanma dayanımı testi sıklıkla tercih edilmektedir.[247]

Şekil 2.4. Makaslama Bağlantı Dayanımı Testi A) Testin uygulama anı B) Uygulama sonrası kırılma anı

2.6. Yapay Çürük Oluşturma Yöntemleri

2.6.1. Jel ile Yapay Çürük Oluşturulması

Her bir örneğin tüm yüzeyi, kavitenin çürük oluşturulmak istenen yüzeyi hariç olmak üzere, asit dirençli vernik ile iki kat kaplanır. Silverstone[248] tarafından önerilen protokole uygun şekilde açıkta kalan dentin yüzeyleri, 14 gün boyunca asitleştirilmiş jelatin jeline daldırılmasıyla oluşturulur. Bu asitleştirilmiş jelatin jeli; laktik asit, jelatin ve timol içermekte olup pH'ı 4.5'e ayarlanmıştır. Her bir örnek, henüz sıvı halde olan 10 mL jel içerisine yerleştirilir ve oda sıcaklığında bekletilir. Jel, 7 gün arayla olmak üzere bir kez yenilenir.

2.6.2. Mikrobiyolojik İnkübasyon Yoluyla Yapay Çürük Oluşturulması

Her bir örneğin tüm yüzeyi, kavite bölgesi hariç olmak üzere, bir kat epoksi rezin ve bir kat vernik ile kaplanır. Örneklerin sterilizasyonu sağlandıktan sonra, aseptik koşullarda yapay çürük solüsyonu içeren beherlere aktarılır. Bu solüsyon; 3.7 g beyin-kalp infüzyon kültürü, 0.5 g maya ekstresi, 2.0 g sükroz, 1.0 g glukozun 100 mL distile su içinde çözülmesiyle ve üzerine 100 mL genç primer *Streptococcus mutans* ATCC25175 kültürü ilave edilerek hazırlanır ve pH yaklaşık 4.0 olarak ayarlanır. Her bir örnek, 25 mL çürük solüsyonuna tek tek yerleştirilir. Örnekler, 37 °C'de mikroaerofilik ortamda inkübe edilir. Her 48 saatte bir, örnekler yeni hazırlanmış yapay çürük solüsyonu içeren başka beherlere aktarılır. On dört gün sonunda örnekler sterilize edilmiş ve deiyonize su ile yıkanır.

2.6.3. Ph Döngüsü Yöntemi ile Yapay Çürük Oluşturulması

Her bir örneğin kavite içi hariç tüm yüzeyi asit dirençli vernik ile örtülür. Demineralizasyon çözeltisi; 2.2 mM $CaCl_2$, 2.2 mM NaH_2PO_4 ve pH'sı 4.8'e ayarlanmış olup 50 mM asetik asit içerir. Remineralizasyon çözeltisi ise; 1.5 mM $CaCl_2$, 0.9 mM NaH_2PO_4 ve pH'sı 7.0'a ayarlanmış olup 0.15 M KCl içerir. Her bir örnek, 8 saat boyunca demineralizasyon çözeltisinde ve ardından 16 saat boyunca remineralizasyon çözeltisinde bekletilir. Bu işlem, oda sıcaklığında ve çalkalama olmaksızın 14 gün boyunca sürdürülür.[249]

Ph döngü yöntemi, demineralizasyon ve remineralizasyon solüsyonlarını dönüşümlü olarak kullanarak çürük benzeri lezyon oluşturmayı ve ortamdaki iyon doygunluğunu engellemeyi amaçlamaktadır. Yöntemin, diğer yöntemlere kıyasla dentinde daha fazla demineralizasyona neden olduğu bilinmektedir. Ayrıca mikrobiyolojik inkübasyon yöntemi gibi yöntemler özellikle süt dişi dentininde aşırı yıkıma neden olabilmektedir. Yapılan çalışma sonucunda pH döngüsü yöntemi ile elde edilen çürük lezyonun dentin çürüğüne oldukça benzer sertlik değerleri gösterdiği kaydedilmiştir. [250]

Demineralizasyonun daha fazla olması, oluşturulan çürük dokunun homojen olması ve standardizasyonun sağlanabilmesi gibi avantajlarına rağmen bu yöntemde, dentin kolajeninin biyolojik yıkımını taklit edilememektedir. Bununla birlikte bu yöntemle elde edilen çürük lezyonları, kolajen denatürasyonu sağlanamaması nedeniyle çürükten etkilenmiş dentinin kolajen denatürasyonu meydana gelmemiş olan iç tabakasına benzetilmektedir. Ayrıca, doğal çürük lezyonlarda dentin pulpa kompleksi yanıtı sonucu dentin tübüllerinin mineral içerik ile tıkanması (transparan tabaka) gözlenirken, pH döngüsü yöntemi bu biyolojik yanıtları taklit edememektedir.[251]

Bu çalışmanın amacı; üç farklı flor salınımı yapan biyoaktif restoratif materyalin, ART ve GMART yöntemleriyle uygulanmasını takiben bağlantı dayanımlarının, yaşlandırma uygulanmış ve uygulanmamış örneklerde karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Etik Kurul Onayı

Bu tez çalışması, Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından TDH-2025-6725 proje numarasıyla desteklenmiştir. Çalışmamız, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 25.07.2024 tarihli ve 502 numaralı kararı ile etik açıdan onaylanmıştır (Ek-1).

3.2. Çalışmada Kullanılacak Örneklerin Hazırlanması ve Çalışma Gruplarının Oluşturulması

Çalışmanın güç analizi G.Power paket yazılım programı ile yapılmıştır. Daha önce yapılmış olan çalışma referans alınarak[252] %95 güven (1-α), %85 test gücü (1-β), d=0,463 etki büyüklüğü ile iki yönlü hipotez kurularak yapılan t testi power analizi sonucuna göre, toplam en az 170 örnek üzerinde araştırma yapılması gerektiği belirlenmiştir. Bu sonuca göre, 18 grup için her grupta 10 adet örnek (azı dişi) olacak şekilde toplam 180 örnek ile çalışılmasına karar verilmiştir.

Çalışmamızda, Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'na başvuran ve velilerinden gerekli onam ve izinleri alınmış olan hastaların, diş çürüğü olmayan veya çürük lezyonları mine dış yüzeyi ile sınırlı, ortodontik nedenlerle veya düşme zamanı geldiği için çekilmiş süt azı dişleri kullanılmıştır.

Çalışmaya Dahil Edilme ve Hariç Tutulma Kriterleri

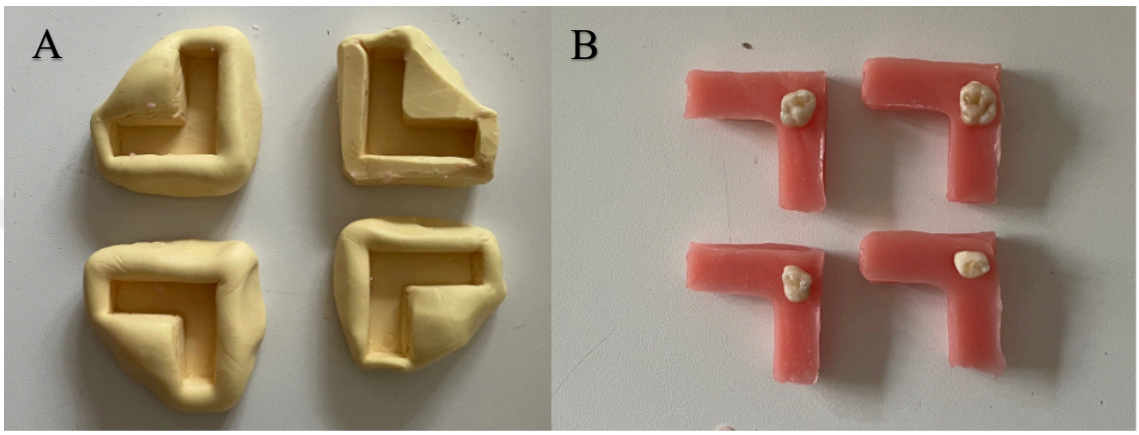
Dahil Edilme Kriterleri:

- Çürüksüz ya da yalnızca mine seviyesinde çürüğe sahip olması
- En az 1/3 oranında kök yapısının sağlam olması
- Hipomineralizasyon, hipoplazi veya gelişimsel defekt içermemesi

Hariç Tutulma Kriterleri:

- Önceden yapılmış restorasyon varlığı
- Dişin çatlak, kırık gibi deformasyonlar içermesi
- Dentin yüzeyinde, en az 4 mm iç çapa sahip dairesel bir kalıbın sığabileceği kadar alan mevcut olmayan örnekler.

Toplanan dişlerin kuron ve kök yüzeylerindeki periodontal doku artıkları temizlenip, %0,1'lik timol solüsyonunda 1-6 ay süre ile bekletildi. Daha sonra dişlerin pulpa odaları kompozit restoratif materyal (DenFil™ ,Vericom Co., Ltd., Anyang, Güney Kore) ile doldurulduu. Hazırlanan dişler, dentin yüzeylerinden homojen kesitlerin elde edilebilmesi için soğuk akril (IMICRYL® Cold-Cure Acrylic Resin, IMICRYL Dental, Konya, Türkiye) ile daha önceden hazırlanmış olan L şeklindeki silikon kalıplara yerleştirildi (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. A) Dişlerin gömülmesi için hazırlanan silikon kalıplar B) Elmas diskli kesme cihazına yerleştirmek üzere hazırlanan akrilik bloklar

Çalışmada dişlerin bukkal ve lingual yüzeyleri kullanıldı. Örneklerin, bukkal ve lingual yüzeylerindeki mine dokusu, su soğutması altında çalışan düşük devirli bir elmas diskli kesme cihazı (ISOMET™ 1000, Buehler, Illinois, ABD) kullanılarak kaldırıldı (Şekil 3.2) Her bir örnek için, kesit alınan yüzeylerden çalışma için uygun koşulları sağlayan, çürük veya çatlak bulunmayan ve iç çapı 4 mm olan dairesel kalıpların sığabileceği alana sahip dentin yüzeyi olan taraf restorasyon için seçildi. Kesit alındıktan sonra pulpal perforasyon veya dentinde mine yüzeyi, çürük veya çatlak olan örnekler çalışma dışı bırakıldı. Toplam 180 adet örnek elde edildi. Hazırlanan dentin yüzeyleri, 800 ve 1200 kumlu silisyum karbür zımpara kağıdı ile her bir örnek için 15 saniye olacak şekilde aşamalı olarak zımparalandı.

Şekil 3.2. Elmas diskli kesme cihazı

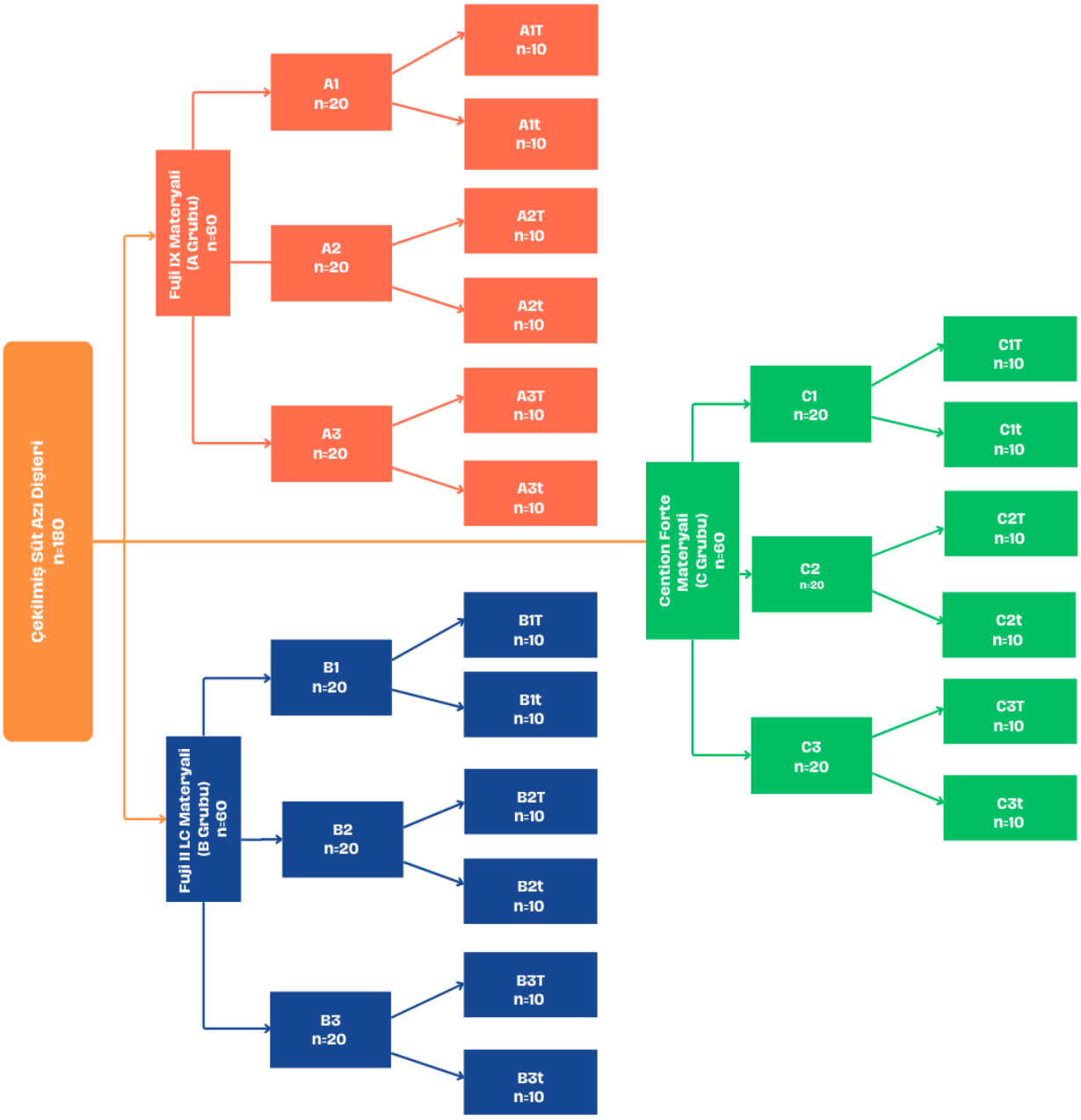
Tüm örnekler 1'den 180'e kadar her grupta eşit sayıda süt birinci ve ikinci azı diş olacak şekilde rastgele numaralandırıldı. Hazırlanan örnekler uygulanacak restoratif materyale göre üç ana gruba ayrıldı (Şekil 3.3).

A grubu: Bu gruba yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (Fuji IX, GC Corporation, Tokyo, Japonya) materyali uygulandı.
B grubu: Bu gruba rezin modifiye cam iyonomer siman (FUJI II LC, GC Corporation, Tokyo, Japonya) materyali uygulandı.
C grubu: Bu gruba alkasit içerikli restoratif materyal (Cention Forte, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Lihtenştayn) uygulandı.
Bu üç ana grup daha sonra dentin yüzey işlemine göre üç gruba ayrılmıştır.
1: Sağlam dentin grubu (kontrol grubu)
2: Yapay çürük oluşturulmuş dentin yüzeyi grubu
3: Yapay çürük oluşturulmuş ve GF solüsyonu uygulanmış dentin yüzeyi (GMART) grubu
Bu gruplar da termal döngüye tabi tutulup tutulmama durumuna göre iki alt gruba ayrıldı.
T: Termal döngüye giren örnekler
t: Termal döngüye girmeyen örnekler

Örneğin;

A1T grubu: Sağlam dentin yüzeyine yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın uygulanmasının ardından termal döngüye tabi tutulan grup.

C3t grubu: Yapay çürüklü dentin yüzeyine GF solüsyonunun uygulanmasının ardından alkasit içerikli restoratif materyalin uygulandığı, termal döngüye girmeyen grup.



Şekil 3.3 çalışma gruplarının dağılımı. A: Fuji IX, B: Fuji II LC, C: Cention Forte 1: sağlam dentin, 2: Yapay çürük, 3: Yapay çürük + GF. T: Termal döngüye giren, t:Termal döngüye girmeyen

3.3. Çalışma Protokolü

3.3.1. Yapay Çürük Oluşturulması

Her gruptan (A, B ve C grupları) 40 örneğe (2 ve 3 numaralı gruplar) yapay çürük oluşturma prosedürü uygulandı.

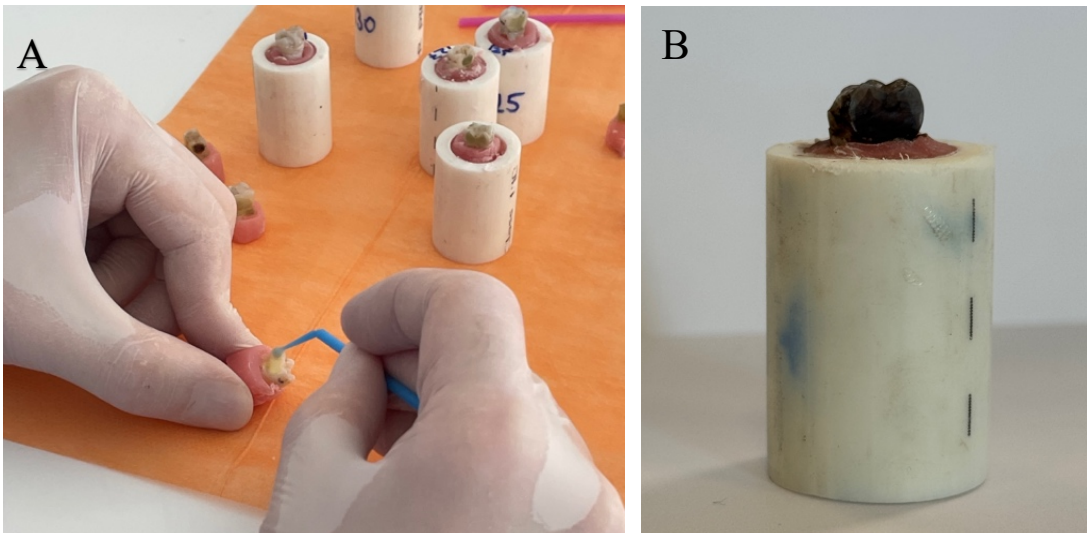
Örneklerin çürük oluşturulacak yüzeyi hariç diğer yüzeylerine, yapay çürük prosedürü öncesi iki kat aside dirençli vernik uygulandı. Demineralizasyon çözeltisi için; 2.2 mM $CaCl_2$, 2.2 mM NaH_2PO_4 ve 50 mM asetik asit ilavesi ile pH'sı 4.8'e ayarlandı. Remineralizasyon çözeltisi ise; 1.5 mM $CaCl_2$, 0.9 mM NaH_2PO_4 ve 0.15 M KCl ilavesi ile pH'sı 7.0'a ayarlandı. Her bir örnek, 8 saat boyunca demineralizasyon çözeltisinde ve ardından 16 saat boyunca remineralizasyon çözeltisinde bekletildi. Bu prosedür, oda sıcaklığında 14 gün süreyle tekrarlandı.

3.3.2. GF Solüsyonunun Uygulanması

Her üç gruptan (A, B, C grupları) 20 adet yapay çürüklü dişe (3 numaralı gruplar) GF Solüsyonu (Riva Star Aqua, SDI Limited, Bayswater, Victoria, Avustralya) (Şekil 3.4) uygulandı.

Şekil 3.4. GF Solüsyonu

Dişlerin solüsyon uygulanacak yüzeyleri distile su ile yıkanıp hava spreyi ile kurutuldu. Her beş diş için bir damla solüsyon godeye damlatıldı ve bir mikro fırça yardımı ile bir dakika boyunca dentin yüzeyine uygulandı (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. A) GF Solüsyonunun uygulanması B) GF solüsyonu uygulandıktan sonra dentin yüzeyinin görünümü

3.3.3. Restoratif Materyallerin Uygulanması

Restorasyon öncesi tüm dişlerin dentin yüzeyleri pamuk pelet yardımı ile temizlendi. Örneklere restorasyon uygulamak için iç çapı 4 mm olan dairesel hazır kalıplar kullanıldı (Şekil 3.6).

Şekil 3.6. Restorasyon materyali uygulanmadan önce dairesel kalıpların yerleştirilmesi

Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Siman Materyalinin Uygulanması

A grubundaki örneklere kapsül formda yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (Fuji IX) uygulandı. Kapsül sert bir zemine bastırıldıktan ve kapsül karıştırma cihazı (Ultramat 2, SDI Limited, Bayswater, Victoria, Avustralya) (Şekil 3.7) ile 10 saniye boyunca karıştırıldıktan sonra kapsül taşıyıcıya yerleştirildi. Materyal taşıyıcıda aktive edildi ve dentin yüzeyinde tutulan kalıplara uygulandı. 2 dk çalışma

süresi boyunca siman fulvarı ile kondenzasyon sağlandı. İlk sertleşme süresi olan 24 saatin ardından restorasyon için kullanılan plastik kalıplar bistüri yardımı ile çıkarıldı.

Şekil 3.7. Kapsül karıştırma cihazı

Şekil 3.8. Yüksek viskoziteli cam iyonomer siman

Rezin Modifiye Cam İyonomer Materyalinin Uygulanması

B grubundaki örneklere rezin modifiye cam iyonomer siman (Fuji II LC) uygulandı. Kapsül formunda bulunan materyalin, aktivasyon öncesinde kapsül yan yüzeyi sert bir zemine hafifçe bastırıldı. Kapsül, karıştırıcıya yerleştirildikten sonra 10 sn süreyle karıştırıldı. Karıştırma tamamlandıktan sonra kapsül cihazdan çıkarılıp taşıyıcıya yerleştirildi ve aktive edildi. Materyal önceden hazırlanmış kalıplar yardımı ile diş

yüzeyine uygulandı. Siman fulvarı ile 3 dk boyunca kondenzasyon sağlandı. Daha sonra materyal ışık cihazı ile (Woodpecker® LED Light Curing Unit, Guilin Woodpecker Medical Instrument Co., Guilin, Çin) 20 sn süreyle polimerize edildi. Polimerizasyonun ardından restorasyon için kullanılan plastik kalıplar bir bistüri yardımı ile çıkarıldı.

Şekil 3.9. Rezin modifiye cam iyonomer siman

Alkasit İçerikli Restoratif Materyalin Uygulanması

C grubundaki örneklere alkasit içerikli restorasyon materyali (Cention Forte) uygulandı. Restorasyon öncesinde dentin yüzeyine materyalin kendi setinde bulunan primer uygulaması yapıldı. Primer uygulaması için, Cention Forte Primer şişesinden bir damla alınarak bir godeye damlatıldı. Godeye damlatılan primer, ürün kutusunun içeriğinde bulunan koyu renkli tek kullanımlık aplikatör ucu ile yaklaşık 5 saniye boyunca karıştırıldı. Karıştırma işlemi, aplikatör ucunun sarı rengi homojen hâle gelene kadar devam etti. Primer en az 10 saniye olacak şekilde dentin yüzeyine uygulandı. Uygulama sonrasında, yüzeyde parlak, ince ve sabit bir film tabakası oluşana kadar hava spreyi ile dağıtıldı. Her örnek için ayrı bir aplikatör kullanıldı.

Kapsülün belirtilen şekilde aktive edilmesinin ardından kapsül karıştırıcıda 15±2 saniye süreyle karıştırıldı. Taşıyıcıya yerleştirilen materyal homojen şekilde kalıpların içine uygulandı. 2 dk kondenzasyon süresinin ardından hem ışıkla hem kendiliğinden polimerize olan materyal, üretici firmanın talimatları doğrultusunda 20 sn ışıkla polimerize edildi. Polimerizasyon sonrası plastik kalıplar bir bistüri yardımı ile çıkarıldı.

Şekil 3.10. Alkasit içerikli restoratif materyal

3.3.4. Yaşlandırma işleminin uygulanması

Çalışmada dişlerin yaşlandırılması için termal döngü ile yaşlandırma yöntemi kullanıldı. Restoratif materyallerin uygulanmasından sonra, termal döngüye girecek ve girmeyecek tüm örnekler 48 saat distile suda bekletildi.

Hazırlanan örnekler Termal döngü cihazına (Mod Dental Esetron, Türkiye) (Şekil 3.11) yerleştirildi. Tüm gruplar 55±5 °C ve deiyonize su banyoları arasında, her banyoda 30 saniye bekleme süresi ve banyolar arasında 10 saniye aralıkla 500 döngü boyunca [253,254] yaşlandırmaya tabi tutuldu.

Şekil 3.11. Termal Döngü cihazı

3.3.5. Bağlantı Dayanım Testinin Uygulanması

Termal döngüye giren ve girmeyen tüm örnekler makaslama bağlantı dayanım testi için hazır plastik kalıplara gömüldü (Şekil 3.12).

Şekil 3.12. Çalışmada kullanılan örnekler

Örnekler makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin ölçülmesi amacıyla universal test cihazına (MOD Dental MIC-101, Esetron GMART Robotechnologies, Ankara, Türkiye) yerleştirildi. Bağlanma alanının uzun eksenine paralel ve hızı 1 mm/dakika olacak şekilde kırılma oluşuncaya kadar kuvvet uygulandı. Örneklerin her birinin kırılma değeri Newton cinsinden ölçüldü ve sonrasında örneklerin kopma değerleri, kuvvetin yüzey alanına bölünerek MPa cinsinden kaydedildi (Şekil 3.13).

Şekil 3.13. Makaslama bağlantı dayanımı test cihazı ve cihaza yerleştirilen örneklerin görüntüsü

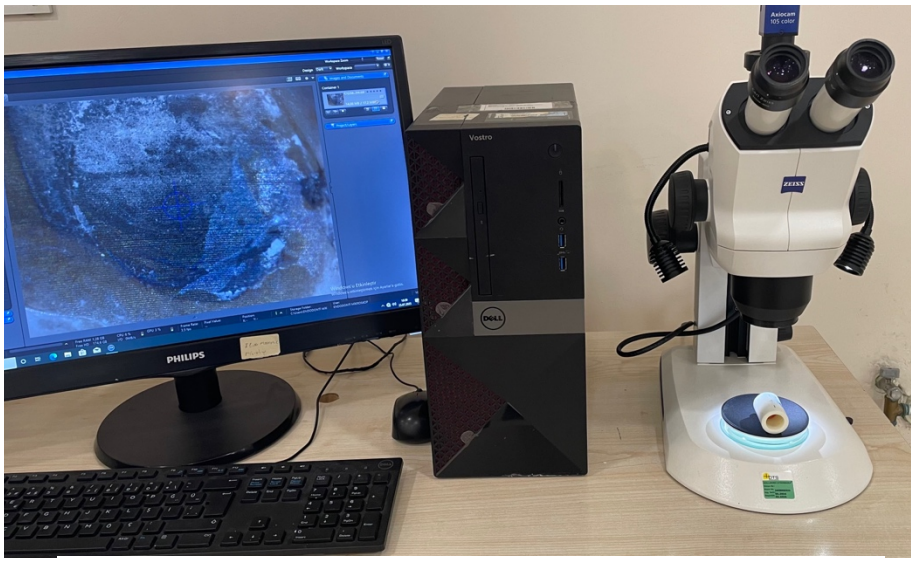
3.3.6. Örneklerin Stereomikroskop Altında Görüntülenmesi

Bağlantı dayanım testi tamamlanan örneklerin tümü, Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde bulunan stereomikroskop (Zeiss Stemi 508, Carl Zeiss Microscopy GmbH, Jena, Almanya) altında farklı büyütme dereceleri ile incelendi (Şekil 3.14). Görüntülere göre kırılma tipleri adeziv, koheziv, ve karma olmak üzere üç gruba ayrıldı ve görüntülerin tümü kaydedildi.

Adeziv Kırık: Materyal ve dentin ara yüzeyinde meydana gelen kırık tipi.

Koheziv Kırık: Materyalin kendi iç yüzeyinde meydana gelen kırık tipi.

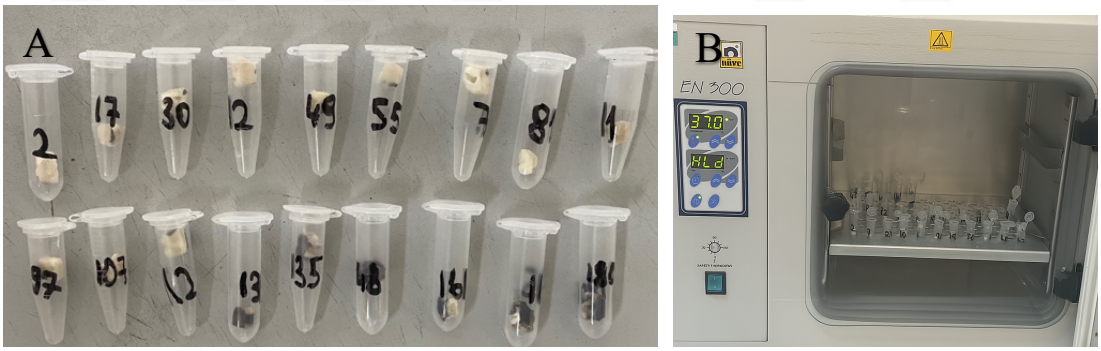
Karma Kırık: Adeziv ve koheziv kırık tiplerinin beraber görüldüğü kırık tipi.



Şekil 3.14. Stereomikroskop ile dentin yüzeyinin görüntülenmesi

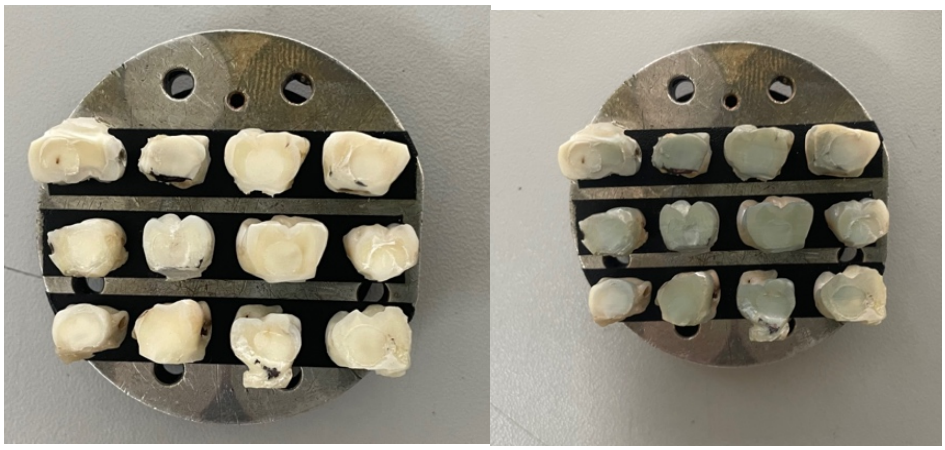
3.3.7. Örneklerin Taramalı Elektron Mikroskop Analizi (SEM) ile İncelenmesi

Her gruptan birer örnek rastgele seçildi. Örnekler kuron kısımlarından karbon separe yardımı ile ayrıldıktan sonra kuronlar ependorf tüplerine yerleştirilip numaralandırıldı. Hazırlanan örnekler 37°C etüv cihazında (EN 300, Nüve, Türkiye) 24 saat bekletilerek kurutuldu (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. A) Ependorf tüpüne yerleştirilen kuronlar B) Etüv cihazına yerleştirilmiş örnekler

Örnekler, Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarı'nda, altın kaplama işlemi için metal taşıyıcı üzerine sabitlendi. Kaplama cihazına (Leica EM ACE600, USA) yerleştirilen örneklerin, incelemenin yapılacağı dentin yüzeyleri Altın- Paladyum ile kaplandı (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Altın kaplama işlemi öncesi ve sonrası örnekler

Altın kaplama işlemi tamamlanan örnekler, Taramalı Elektron Mikroskop cihazı ile (LEO 1430 VP, Carl Zeiss, Oberkochen, Almanya) görüntülendi**.** Her örneğin x100, x500, x1000 ve x2500'lük büyütmelerde görüntüleri kaydedildi (Şekil 3.17).

Şekil 3.17. Taramalı Elektron Mikroskop Cihazı

3.3.8. İstatiksel Analiz

Elde edilen veriler, IBM SPSS Statistics yazılımı (versiyon 18.0; SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) kullanılarak analiz edilmiştir. Sürekli değişkenler için tanımlayıcı istatistikler (ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler) hesaplanmıştır. Verilerin normal dağılıma uygunluğu varyans homojenliği testleri (Levene testi) ile değerlendirilmiştir. Gruplar arası karşılaştırmalarda parametrik koşullar sağlandığında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış; anlamlı farklılık saptanan gruplarda post-hoc analiz olarak Tukey HSD veya Games-Howell testleri kullanılmıştır. Parametrik olmayan koşullar altında ise Kruskal-Wallis testi ile çoklu grup karşılaştırmaları yapılmış ve gerekli durumlarda Mann-Whitney U testi ile ikili karşılaştırmalar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, farklı yüzeylerde oluşan kırık tiplerinin dağılımı Ki-kare testi ile değerlendirilmiştir. Tüm analizlerde anlamlılık düzeyi %95 güven aralığında, $p<0,05$ olarak kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmada, dahil etme kriterlerine uyan 180 adet diş seçilmiş ve her grupta 10 diş olacak şekilde çalışmaya başlanılmıştır. Ancak çalışmada, aşağıda belirtilen örneklerden değer elde edilemediğinden çalışma dışında bırakılmıştır: A1T grubunda 3 ödet örneğin restorasyonu, termal döngü işlemi esnasında düşmüştür. A2T grubundan 1 örneğin, B2T grubundan 2 örneğin, B3T grubunda 4 örneğin ve C3T grubundan 3 örneğin restorasyonlarında, anlamlı bağlantı dayanımı değeri ölçülemeden kopma meydana gelmiştir**.**

4.1. Bağlantı Dayanımı Testi Sonuçları

4.1.1. Yaşlandırma İşlemi Yapılmayan Grupların Bağlantı Dayanımlarının Karşılaştırtılması

Yaşlandırma işlemi uygulanmamış tüm gruplar birlikte değerlendirildiğinde, bağlantı dayanımları açısından anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. (p = 0,162)

Sağlam Dentin Gruplarında Bağlantı Dayanımlarının Değerlendirilmesi

Sağlam Dentin yüzeyine uygulanan ve termal döngüye girmeyen tüm restorasyon grupları dahil edildiğinde, ortalama makaslama bağlantı değeri 8,85±7,17 MPa olarak kaydedilmiştir.

Materyallere göre değerlendirme yapıldığında, en yüksek ortalama makaslama bağlantı değeri Cention Forte grubuna (16,37±7,49 MPa) aitken, bunu Fuji IX (5,28±2,47 MPa) ve Fuji II LC (4,95±2,95 MPa) grupları takip etmiştir (Tablo 4.1). Sağlam dentin yüzeyine uygulanan farklı materyaller karşılaştırıldığında, bağlantı dayanım değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu kaydedilmiştir ($p<0,001$). Cention Forte materyalinden elde edilen makaslama bağlantı dayanımı değerlerinin, hem Fuji IX ($p=0,001$) hem de Fuji II LC ($p=0,001$) materyallerinin uygulandığı gruplara göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Fuji IX ve Fuji II LC materyal grupların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri arasında ise anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p=0,999$) (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Termal döngüye girmeyen sağlam dentin yüzeylerine uygulanan restorasyonlardan elde edilen ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

MATERYAL	Ortalama± SS (MPa)	Minimum (MPa)	Maksimum (MPa)
Fuji IX (n=10)	5,28±2,47[a]	3,28	10,38
Fuji II LC (n=10)	4,95±2,95[a]	1,55	11,20
Cention Forte (n=10)	16,37±7,49[b]	6,73	34,04

SS: Standart Sapma

*Farklı üst simge ile gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p<0,05).

Yapay Çürüğün Bağlantı Dayanımı Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi

Tüm restorasyon grupları dahil edilerek değerlendirme yapıldığında, yapay çürük varlığında termal döngüye girmeyen örneklerin ortalama makaslama bağlantı değeri 8,75±6,6 MPa olarak belirlenmiştir. Sağlam dentinle karşılaştırıldığında bu değerin daha düşük olduğu belirlenmiş olup istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı kaydedilmiştir (p>0,05).

Makaslama bağlantı dayanım değerleri materyallere göre karşılaştırıldığında, en yüksek bağlantı dayanımı değeri Cention Forte materyalinin uygulandığı gruba (14,73±7 MPa) ait olup, bunu Fuji IX (5,32±3,02 MPa) ve Fuji II LC (5,25±3,02 MPa) materyalleri takip etmiştir. Yapay çürüklü dentinde farklı restoratif materyallerin ortalama makaslama bağlantı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir (p<0,001). Cention Forte materyalinin uygulandığı grubun ortalama makaslama bağlantı dayanım değeri, Fuji IX (p=0,004) ve Fuji II LC (p=0,003) grupları ile kıyaslandığında anlamlı düzeyde daha yüksektir. Fuji IX ve Fuji II LC grupları karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır (p=0,999).

Yapay çürüklü dentin varlığında materyallerin ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri Tablo 4.2'de belirtilmiştir.

Tablo 4.2. Termal döngüye girmeyen yapay çürüklü dentin varlığında materyallerin ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

MATERYAL	Ortalama± SS (MPa)	Minimum (MPa)	Maksimum (MPa)
Fuji IX (n=10)	5,32±3,02[a]	2,21	11,21
Fuji II LC (n=10)	5,25±3,02[a]	1,67	9,84
Cention Forte (n=10)	14,73±7[b]	7,50	27,65

SS: Standart Sapma

*Farklı üst simge ile gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p<0,05).

Yapay Çürüklü Dentin Yüzeyine Uygulanan GF Solüsyonunun Bağlantı Dayanımı Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi

Tüm materyal grupları dahil edildiğinde, ortalama makaslama bağlantı değeri 5,7±3,50 MPa olarak ölçülmüştür. Bu değer sağlam dentin ve yapay çürüklü dentin gruplarından elde edilen değerler ile karşılaştırıldığında, iki gruba göre de anlamlı derecede daha düşük olduğu kaydedilmiştir (p<0,05).

GF solüsyonunun uygulandığı farklı materyal grupları değerlendirildiğinde, bağlantı dayanımı en yüksek Cention Forte materyalinin uygulandığı grup (6,75±4,03 MPa) iken, bunu Fuji II LC (6,02±3,69 MPa) ve Fuji IX (4,32±2,26 MPa) grupları takip etmiştir (Tablo 4.3). Farklı restoratif materyallerin makaslama bağlantı dayanım değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır (p = 0,269).

Tablo 4.3. Termal döngüye girmeyen yapay çürük+ GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeyine yapılan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

MATERYAL	Ortalama± SS (MPa)	Minimum (MPa)	Maksimum (MPa)
Fuji IX (n=10)	4,32±2,26	1,20	7,86
Fuji II LC (n=10)	6,02±3,69	1,08	11,32
Cention Forte (n=10)	6,75±4,03	1,74	14,68

SS: Standart Sapma

Makaslama Bağlantı Dayanımının, Yaşlandırma İşlemi Uygulanmayan Farklı Dentin Yüzeylerinde Materyallere Göre Karşılaştırılması

Fuji IX materyalinin farklı dentin yüzeylerine uygulanan grupların bağlantı dayanım değerleri karşılaştırıldığında, yapay çürüklü dentin yüzeyinde elde edilen değerlerin en yüksek olduğu (5,32±3,02 MPa), bunu sağlam dentin yüzeyine restorasyon yapılan grubun (5,28±2,47 MPa) ve yapay çürüklü dentin üzerine GF solüsyonunun uygulandığı grubun (4,32±2,26 MPa) takip ettiği kaydedilmiştir. Farklı dentin yüzeylerinden elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır (p>0,05) (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Termal döngüye girmeyen farklı dentin yüzeylerine uygulanan Fuji IX restorasyonlarının ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

DENTİN YÜZEYİ	Ortalama± SS (MPa)	Minimum (MPa)	Maksimum (MPa)
Sağlam Dentin (n=10)	5,28±2,47	3,28	10,38
Yapay Çürüklü Dentin (n=10)	5,32±3,02	2,21	11,21
Yapay çürük + GF solüsyonu (n=10)	4,32±2,26	1,20	7,86

SS: Standart Sapma

Fuji II LC materyal grupları değerlendirildiğinde, en yüksek ortalama makaslama bağlantı dayanımının yapay çürüklü dentin yüzeyine GF solüsyonu uygulanan restorasyonlardan elde edildiği (6,02±3,69 MPa), bunu yapay çürüklü dentin (5,25±3,02 MPa) ve sağlam dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların (4,95±2,95 MPa) takip ettiği kaydedilmiş, fakat bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p>0,005) (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Fuji II LC materyalinin termal döngüye girmeyen farklı dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

DENTİN YÜZEYİ	Ortalama± SS (MPa)	Minimum (MPa)	Maksimum (MPa)
Sağlam Dentin (n=10)	4,95±2,95	1,55	11,20
Yapay Çürüklü Dentin (n=10)	5,25±3,02	1,67	9,84
Yapay çürük + GF solüsyonu (n=10)	6,02±3,69	1,08	11,32

SS: Standart Sapma

Cention Forte materyalinin farklı dentin yüzeylerine yapılan restorasyonlarının makaslama bağlantı değerleri karşılaştırıldığında en yüksek değerin sağlam dentin grubundan (16,37±7,49 MPa) elde edildiği, bunu yapay çürüklü dentin (14,73±7 MPa) ve GF solüsyonunun uygulandığı dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların (6,75± 4,03MPa) takip ettiği görülmüştür. Sağlam dentin ve yapay çürüklü dentine yapılan restorasyonlardan elde edilen makaslama bağlantı dayanım değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır (p=0,884). Sağlam dentin ile yapay çürük+GF solüsyonunun uygulandığı dentin gruplarındaki restorasyonların bağlantı dayanım değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır (p=0,005) Benzer şekilde yapay çürüklü dentin ve yapay çürüklü dentin+GF solüsyonunun uygulandığı dentin gruplarının bağlantı dayanım değerleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır (p=0,014). (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Cention Forte materyalinin termal döngüye girmeyen farklı dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

DENTİN YÜZEYİ	Ortalama± SS (MPa)	Minimum (MPa)	Maksimum (MPa)
Sağlam Dentin (n=10)	16,37±7,49[a]	6,73	34,04
Yapay Çürüklü Dentin (n=10)	14,73±7[a,c]	7,50	27,65
Yapay çürük + GF solüsyonu (n=10)	6,75±4,03[b]	1,74	14,68

SS: Standart Sapma

*Farklı harfler anlamlı istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p<0,05).

4.1.2. Yaşlandırma İşlemi Yapılan Grupların Bağlantı Dayanımlarının Karşılaştırtılması

Yaşlandırma işlemi uygulanmış tüm restorasyon grupları dahil edildiğinde, sağlam dentin yüzeyine, yapay çürüklü dentin yüzeyine ve yapay çürük+GF solüsyonunun uygulandığı dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri arasında istatiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmüştür (p = 0,002).

Sağlam Dentin Gruplarında Bağlantı Dayanımlarının Değerlendirilmesi

Yaşlandırma işlemi yapılmış sağlam dentin yüzeylerine uygulanan tüm restorasyon grupları birlikte değerlendirildiğinde, ortalama makaslama bağlantı dayanımı 8,46 ± 5,94 MPa olarak kaydedilmiştir.

Materyale göre değerlendirme yapıldığında, en yüksek ortalama makaslama bağlantı değeri Cention Forte materyalinin uygulandığı gruba (13,42±7,44 MPa) aitken, bunu Fuji II LC (6,19±3,26 MPa) ve Fuji IX (5,91±3,18 MPa) materyal grupları takip etmiştir. Farklı materyal grupları karşılaştırıldığında, materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (p = 0,002). Cention Forte grubundaki örneklerden elde edilen ortalama makaslama bağlantı dayanım değerlerinin hem Fuji IX hem de Fuji II LC gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek bağlantı dayanımı gösterdiği kaydedilmiştir (p<0,05). Fuji IX ve Fuji II LC materyal gruplarındaki örneklerin ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır (p>0,05).

Materyal gruplarının yaşlandırma işlemi yapılan sağlam dentin yüzeylerine bağlantı dayanım değerleri Tablo 4.7.'te verilmiştir.

Tablo 4.7. Termal döngüye giren sağlam dentin yüzeyine yapılan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

MATERYAL	Ortalama± SS (MPa)	Minimum (MPa)	Maksimum (MPa)
Fuji IX (n=7)	5,91±3,18[a]	2,36	10,45
Fuji II LC (n=10)	6,19±3,26[a]	1,90	11,69
Cention Forte (n=10)	13,42±7,44[b]	3,31	27,04

SS: Standart Sapma

*Farklı harfler anlamlı istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p<0,05).

Yapay Çürüğün Bağlantı Dayanımı Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi

Yapay çürüklü termal döngüye giren örneklerin olduğu tüm gruplar birlikte değerlendirildiğinde, ortalama makaslama bağlantı değeri 8,58±5,77 MPa olarak belirlenmiştir. Ortalama makaslama bağlantı dayanım değeri, sağlam dentin ile karşılaştırıldığında daha yüksek olmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır (p>0,05).

Yapay çürüklü dentin yüzeyine uygulanan restorasyonlar materyallere göre değerlendirildiğinde, en yüksek bağlantı dayanımı değerinin Cention Forte materyalinin uygulandığı gruba (13,78±4,8 MPa) ait olup, bunu Fuji II LC (5,78± 4,61 MPa) ve Fuji IX (4,72±1,79 MPa) materyal grupları takip etmiştir. (Tablo 4.8) Yapay çürüklü dentin yüzeyine uygulanan farklı materyallerin ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri karşılaştırıldığında, aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmüştür (p<0,001). Cention Forte materyalinin uygulandığı grubunun ortalama makaslama bağlantı dayanım değerinin, hem Fuji IX (p<0,001) hem de Fuji II LC (p=0,007) grupları ile karşılaştırıldığında anlamlı derecede yüksek olduğu kaydedilmiştir. Fuji IX ve Fuji II LC materyal grupları karşılaştırıldığında, aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (p=0,91).

Tablo 4.8. Termal döngüye giren yapay çürüklü dentin yüzeyine yapılan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

MATERYAL	Ortalama± SS (MPa)	Minimum (MPa)	Maksimum (MPa)
Fuji IX (n=9)	4,72 ±1,79[a]	1,87	6,69
Fuji II LC (n=10)	5,78±4,61[a]	1,86	11,88
Cention Forte (n=10)	13,78±4,82[b]	6,91	23,20

SS: Standart Sapma

*Farklı harfler anlamlı istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p<0,05).

Yapay Çürüklü Dentin Yüzeyine Uygulanan GF Solüsyonunun Bağlantı Dayanımı Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi

Yapay çürüklü dentin yüzeyine GF solüsyonu uygulanan ve termal döngüye giren restorasyon grupları birlikte değerlendirildiğinde ortalama makaslama bağlantı değeri 4,11±2,2 MPa olarak ölçülmüştür. Bu değerin, sağlam dentin yüzeyine restorasyon yapılan grupların değerlerine (p=0,001) ve yapay çürüklü dentin yüzeyine yapılan restorasyonların değerlerine kıyasla (p=0,002) istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük olduğu kaydedilmiştir.

GF solüsyonunun uygulandığı materyal grupları arasında bağlantı dayanımı en yüksek Fuji IX materyalinin uygulandığı grup (4,32±2,26 MPa) iken, bunu Cention Forte (3,63±1,8 MPa) ve Fuji II LC (2,8±1,41 MPa) materyal grupları takip etmiştir. (Tablo 4.9) Yapay çürük+GF solüsyonu uygulanmış dentin yüzeyine yapılan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri karşılaştırıldığında, farklı materyal grupları arasında anlamlı fark bulunmamıştır (p = 0,302).

Tablo 4.9. Termal döngüye giren yapay çürük + GF solüsyonu uygulanan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

MATERYAL	Ortalama± SS (MPa)	Minimum (MPa)	Maksimum (MPa)
Fuji IX (n=10)	4,82±2,62	1,20	7,86
Fuji II LC (n=6)	2,87±1,41	1,47	4,56
Cention Forte (n=7)	3,63±1,83	1,74	6,54

SS: Standart Sapma

Makaslama Bağlantı Dayanımının, Yaşlandırma İşlemi Uygulanan Farklı Dentin Yüzeylerinde Materyallere Göre Karşılaştırılması

Farklı dentin yüzeylerine uygulanan Fuji IX materyalinin bağlantı dayanım değerleri karşılaştırıldığında, sağlam dentin yüzeyinde elde edilen değerlerin en yüksek olduğu (5,91±3,18 MPa), bunu yapay çürüklü dentin (4,72±1,87 MPa) ve GF solüsyonu uygulanan dentin (4,32±2,26 MPa) yüzeylerinden elde edilen değerlerin takip ettiği kaydedilmiştir. (Tablo 4.10) Bağlantı dayanım değerleri karşılaştırıldığında farklı dentin yüzeylerinden elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 4.10. Fuji IX materyalinin termal döngüye giren farklı dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

DENTİN YÜZEYİ	Ortalama± SS (MPa)	Minimum (MPa)	Maksimum (MPa)
Sağlam Dentin (n=7)	5,91±3,18	2,36	10,45
Yapay Çürüklü Dentin (n=9)	4,72±1,79	1,87	6,69
Yapay çürük + GF solüsyonu (n=10)	4,32±2,26	1,39	9,00

SS: Standart Sapma

Yaşlandırma işlemi yapılan Fuji II LC materyal grupları farklı dentin yüzeylerine göre değerlendirildiğinde, en yüksek ortalama makaslama bağlantı dayanımının sağlam dentin yüzeylerine yapılan restorasyonlardan elde edildiği (6,19±3,26 MPa) bunu yapay çürüklü dentin yüzeyi (5,78±4,61 MPa) ve GF solüsyonunun uygulandığı dentin yüzeyine yapılan restorasyonların (2,87±1,41 MPa) takip ettiği kaydedilmiştir (Tablo 4.11). Sağlam dentin ve yapay çürüklü dentin yüzeylerine yapılan restorasyonlardan elde edilen bağlantı dayanım değerleri (p=0,998) ile yapay çürüklü dentin ve yapay çürük+GF solüsyonunun uygulandığı dentin gruplarının bağlantı dayanım değerleri (p=0.354) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır. Sağlam dentin ile yapay çürük+GF solüsyonunun uygulandığı dentin gruplarındaki restorasyonların bağlantı dayanım değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır (p=0,04).

Tablo 4.11. Fuji II LC materyalinin termal döngüye giren farklı dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

DENTİN YÜZEYİ	Ortalama± SS (MPa)	Minimum (MPa)	Maksimum (MPa)
Sağlam Dentin (n=10)	6,19±3,26[a]	1,90	11,69
Yapay Çürüklü Dentin (n=10)	5,78±4,61[a,b]	1,86	11,88
Yapay çürük + GF solüsyonu (n=6)	2,87±1,41[b]	1,47	4,56

SS: Standart Sapma

*Farklı harfler anlamlı istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p<0,05).

Cention Forte materyalinin farklı dentin yüzeylerine restorasyon yapıldığı gruplar karşılaştırıldığında ise en yüksek makaslama bağlantı dayanım değerleri yapay çürüklü dentin grubunda kaydedilmiş (13,78±4,82 MPa), bunu sağlam dentin (13,42±7,44 MPa) ve yapay çürük+GF solüsyonunun uygulandığı dentin yüzeylerine restorasyon yapılan gruplar (3,63±1,83 MPa) takip etmiştir (Tablo 4.12). Sağlam dentin ve yapay çürüklü dentine yapılan restorasyonlardan elde edilen makaslama bağlantı dayanım değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır (p=0,995). Yapay çürüklü dentin ve yapay çürük+GF solüsyonunun uygulandığı dentin gruplarının bağlantı dayanım değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmüştür (p<0,001) Sağlam dentin ile GF solüsyonunun uygulandığı dentin gruplarındaki restorasyonların bağlantı dayanım değerleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır (p=0,003).

Tablo 4.12. Cention Forte materyalinin termal döngüye giren farklı dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

DENTİN YÜZEYİ	Ortalama± SS (MPa)	Minimum (MPa)	Maksimum (MPa)
Sağlam Dentin (n=10)	13,42±7,44[a]	3,31	27,04
Yapay Çürüklü Dentin (n=10)	13,78±4,82[a]	6,91	23,20
Yapay çürük + GF solüsyonu (n=7)	3,63±1,83[b]	1,54	6,54

SS: Standart Sapma

*Farklı harfler anlamlı istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p<0,05).

4.1.3. Yaşlandırma İşleminin Materyallerin Bağlantı Dayanımı Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırılması

Sağlam Dentin Gruplarında Yaşlandırma İşleminin Etkilerinin Değerlendirilmesi

Materyallere göre değerlendirme yapıldığında, sağlam dentin yüzeyine Fuji IX ve Fuji II LC materyallerinin uygulandığı gruplarda, yaşlandırma işlemi yapılan örneklerde bağlantı dayanım değerleri daha yüksek kaydedilirken, Cention Forte materyalinin uygulandığı grupta bağlantı dayanım değerlerinin daha düşük olduğu kaydedildi.

Fuji IX, Fuji II LC ve Cention Forte materyallerinin sağlam dentin yüzeyine restorasyon yapılan gruplarında yaşlandırma yapılan ve yapılmayan örnekler arasındaki ortalama bağlantı dayanımlarının farkları istatiksel olarak anlamlı bulunmamaktadır (p>0,05).

Sağlam dentin yüzeyine restorasyon yapılan gruplarda, yaşlandırma işlemi yapılan ve yapılmayan örneklerin bağlantı dayanımları Tablo 4.13'te verilmiştir.

Tablo 4.13. Sağlam dentin yüzeylerine yapılan, termal döngüye giren ve girmeyen restorasyonların materyale göre ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

	TERMAL DÖNGÜYE GİREN			TERMAL DÖNGÜYE GİRMEYEN			
Materyal	**Ortalama (MPa± SS)**	**Minimum (MPa)**	**Maksimum (MPa)**	**Ortalama (MPa±SS)**	**Minimum (MPa)**	**Maksimum (MPa)**	**P**
Fuji IX	5,91±3,18	2,36	10,45	5,28 ±2,47	3,28	10,38	**p>0,05**
Fuji II LC	6,19±3,26	1,90	11,69	4,94±2,95	1,55	11,20	
Cention forte	13,42±7,44	3,31	27,04	16,37±7,49	6,73	34,04	

SS: Standart Sapma

Yapay Çürüklü Dentin Yüzeylerine Yapılan Restorasyonlara Yaşlandırma İşleminin Etkilerinin Değerlendirilmesi

Materyaller değerlendirildiğinde, Fuji IX'un ve Cention Forte'un yapay çürüklü dentin yüzeyine yapılan ve yaşlandırma işlemi yapılan gruplarında bağlantı dayanım değerleri daha düşük kaydedilirken, yaşlandırma yapılmayan yapay çürüklü dentinde bağlantı dayanımını daha yüksek olup, bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. (p>0,05)

Fuji II LC grubunda ise yaşlandırma işlemi yapılan yapay çürüklü grupların bağlantı dayanım değerleri, yaşlandırma işlemi yapılmayan gruplara göre daha yüksek olarak kaydedilmiş olup, aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamaktadır (p=0,963). Yapay çürüklü dentine bağlantının değerlendirildiği gruplarda, termal döngüye giren ve girmeyen örneklerin bağlantı dayanımları Tablo 4.14' te verilmiştir.

Tablo 4.14. Yapay çürüklü dentin yüzeylerine yapılan, termal döngüye giren ve girmeyen restorasyonların materyale göre ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

	TERMAL DÖNGÜYE GİREN			TERMAL DÖNGÜYE GİRMEYEN			
Materyal	**Ortalama (MPa± SS)**	**Minimum (MPa)**	**Maksimum (MPa)**	**Ortalama (MPa± SS)**	**Minimum (MPa)**	**Maksimum (MPa)**	**P**
Fuji IX	4,72±1,79	1,87	6,69	5,32±3,02	2,21	11,21	**p>0,05**
Fuji II LC	5,78±4,61	1,86	11,88	5,25±3,02	1,67	9,84	
Cention Forte	13,78±4,82	6,91	23,20	14,73±7,0	7,50	27,65	

SS: Standart Sapma

GF Solüsyonu Uygulanan Yapay Çürüklü Dentin Gruplarında Yaşlandırma İşleminin Etkilerinin Değerlendirilmesi

Materyaller değerlendirildiğinde, Fuji IX materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan gruplarında bağlantı dayanımı değerleri, yaşlandırma yapılmayan gruba göre daha yüksek olduğu kaydedilmiş, bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p=0,654). Fuji II LC materyalinin uygulandığı gruplar (p=0,007) ve Cention Forte materyalinin uygulandığı gruplarda (p=0,003) ise yaşlandırma işlemi yapılan grupların bağlantı dayanım değerleri, yaşlandırma işlemi yapılmayan gruplara göre anlamlı derecede daha düşük olarak kaydedilmiştir. Termal döngüye giren ve girmeyen materyal gruplarının makaslama bağlantı dayanımı değerleri Tablo 4.15' de verilmiştir.

Tablo 4.15. Yapay çürüklü dentin yüzeylerine GF solüsyonu uygulanan, termal döngüye giren ve girmeyen restorasyonların materyale göre ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri

	TERMAL DÖNGÜYE GİREN			TERMAL DÖNGÜYE GİRMEYEN			
MATERYAL	**Ortalama (MPa± SS)**	**Minimum (MPa)**	**Maksimum(MPa)**	**Ortalama (MPa±SS)**	**Minimum (MPa)**	**Maksimum (MPa)**	**P değeri**
Fuji IX	4,82±2,62	1,39	9,00	4,32±2,26	1,20	7,86	0,645
Fuji II LC	2,87±1,41	1,47	4,56	6,02±3,69	1,08	11,32	0,007
Cention Forte	3,63±1,83	1,54	6,54	6,75±4,03	1,74	14,68	0,003

SS: Standart Sapma

4.2. Stereomikroskop Görüntülerine Göre Kırılma Tipi Analizi

Çalışmada kullanılan restoratif materyalden ve gruplardan bağımsız olarak kırık tipleri değerlendirildiğinde sırasıyla karma (%58,93), adeziv (%36,90), ve en az görülen kırık tipi koheziv (%4,17) olarak kaydedildi. Yaşlandırma işleminden bağımsız olarak, sağlam dentin, yapay çürüklü dentin ve yapay çürük+GF solüsyonunun uygulandığı dentin yüzeylerine restorasyon yapılan tüm gruplar dahil ederek değerlendirildiğinde, meydana gelen kırık tipleri açısından anlamlı fark bulunmamıştır (p=0,073).

Materyaller kırık tipleri açısından aralarında karşılaştırıldığında Fuji IX, Fuji II LC ve Cention Forte materyalinin uygulandığı gruplarda kırık tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır (p>0,05).

4.2.1. Yaşlandırma İşlemi Yapılmayan Grupların Kırık Tiplerinin İncelenmesi

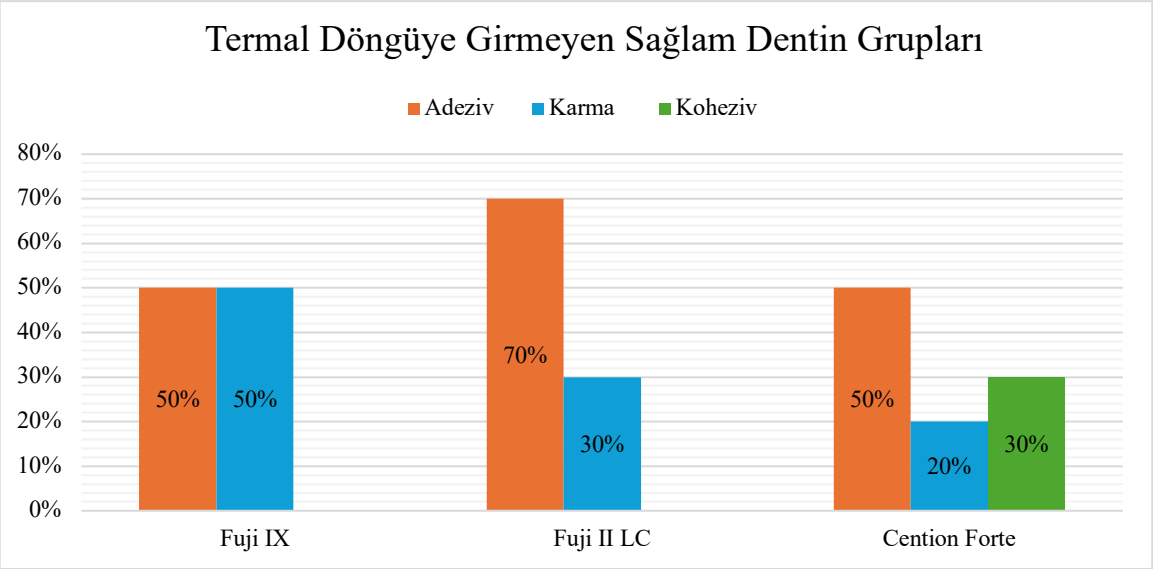
Tüm materyal gruplarından bağımsız olarak yaşlandırma işlemi yapılmayan örnekler değerlendirildiğinde, en sık karma kırık tipi görülmüş olup (%60), bunu adeziv kırık tipi (%34,4) ve koheziv kırık tipi (%5,56) takip etmiştir.

Sağlam Dentin Gruplarının Kırık Tiplerinin İncelenmesi

Gruplar materyalden bağımsız olarak değerlendirildiğinde en çok adeziv kırık tipinin görüldüğü (%56,67), bunu karma (%33,33) ve koheziv kırık (%10) tiplerinin takip ettiği belirtilmiştir.

Materyaller kendi içlerinde değerlendirildiklerinde Fuji IX materyalinin uygulandığı grupta karma ve adeziv kırık tipleri eşit oranda görülmüş, koheziv kırık tipi ise görülmemiştir. Fuji II LC materyalinin uygulandığı gruplar incelendiğinde en çok rastlanan kırık tipi adeziv kırık (%70) olmuş, bunu karma kırık tipi (%30) takip etmiştir. Cention Forte materyalinin uygulandığı gruplar incelendiğinde en sık adeziv kırık tipi görülmüş (%50), bunu koheziv kırık tipi (%30) ve karma kırık tipi (%20) takip etmiştir. Materyaller birbirleri ile karşılaştırıldığında, Fuji IX, Fuji II LC ve Cention Forte materyalinin uygulandığı gruplar arasında kırık tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. (p>0,05)

Yaşlandırma işlemi yapılmayan sağlam dentin yüzeyine uygulanan restorasyonların materyale göre kırık tipleri dağılımı Şekil 4.1'te gösterilmiştir.



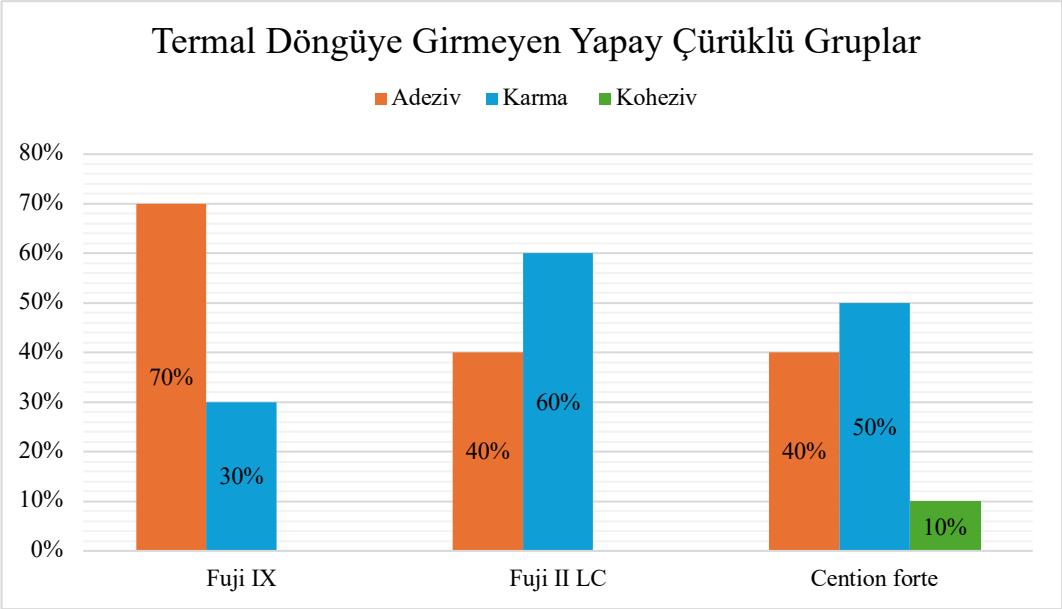
Şekil 4.1. Termal döngüye girmeyen sağlam dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların kırık tiplerinin dağılımı

Yapay Çürüklü Dentin Gruplarının Kırık Tiplerinin İncelenmesi

Materyalden bağımsız olarak değerlendirme yapıldığında, en çok karma kırık tipinin (%60), daha sonra adeziv kırık tipinin (%36,67) görüldüğü kaydedilmiştir. En az koheziv kırık tipi (%3,33) görülmüştür. Yapay çürüklü dentin yüzeyleri ve sağlam dentin yüzeylerinde görülen kırık tipleri karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır (p=0,142).

Materyaller kendi içlerinde değerlendirildiklerinde Fuji IX, Fuji II LC ve Cention Forte materyal gruplarında en çok karma kırık tipi, sonrasında adeziv kırık tipi görülmüştür. Sırasıyla materyallerde görülen kırık tiplerinin oranları karma kırık tipi için; %70, %60, %60 iken adeziv kırık tipi görülme oranları sırasıyla; %30, %40, %40 olmuştur. Cention Forte materyalinin uygulandığı gruplarda diğer gruplardan farklı olarak koheziv kırık (%10) da görülmüştür. Materyaller birbirleri ile karşılaştırıldığında, Fuji IX Fuji II LC ve Cention Forte grupları arasında kırık tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. (p>0,05)

Yaşlandırma işlemi yapılmayan yapay çürüklü dentin yüzeyine uygulanan restorasyonların materyale göre kırık tiplerinin dağılımı Şekil 4.2'te gösterilmiştir.



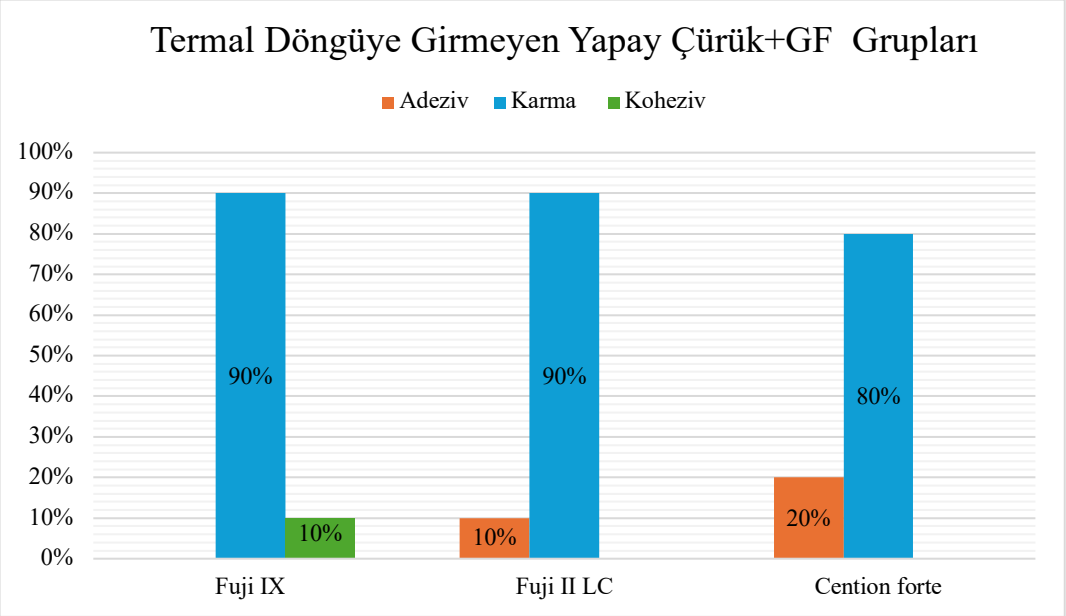
Şekil 4.2. Termal döngüye girmeyen yapay çürüklü dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların kırık tiplerinin dağılımı

Yapay Çürük + GF Solüsyonu Uygulanan Dentin Gruplarının Kırık Tiplerinin İncelenmesi

Materyalden bağımsız olarak değerlendirme yapıldığında en çok görülen kırık tipi karma kırık tipi (%86,67) olmuş, bunu adeziv kırık tipi (%10) takip etmiştir. En az koheziv kırık tipi (%3,33) görülmüştür. Yapay çürük+GF solüsyonunun uygulandığı dentin yüzeyleri ve yapay çürüklü dentin yüzeyleri arasında meydana gelen kırık tipi açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmazken (p=0,082), yapay çürük+GF solüsyonunun uygulandığı dentin yüzeyleri ve sağlam dentin yüzeylerine yapılan restorasyonlarda meydana gelen kırık tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu kaydedilmiştir (p=0,01).

Materyaller kendi içlerinde değerlendirildiklerinde Fuji IX materyalinin uygulandığı grupta en çok karma kırık tipi (%90) sonrasında koheziv kırık tipi (%10) görülmüştür. Fuji II LC ve Cention Forte materyalinin uygulandığı gruplar incelendiğinde en çok görülen karma kırık tipi (%90) olmuş, bunu adeziv kırık tipi (%10) takip etmiştir. Materyallerde görülen kırık tiplerinin oranları sırasıyla karma kırık tipi için %90, %80; Adeziv kırık tipi için %10, %20 olmuştur. Materyaller birbirleri ile karşılaştırıldığında, Fuji IX Fuji, II LC ve Cention Forte grupları arasında kırık tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. (p>0,05)

Yapay çürük+ GF solüsyonu uygulanan ve termal döngüye girmeyen grupların materyale göre kırık tipleri dağılımı Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Termal döngüye giren yapay çürük+GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların kırık tiplerinin dağılımı

Yaşlandırma İşlemi Uygulanmayan Materyallerde Farklı Dentin Yüzeylerine Göre Kırık Tiplerinin Karşılaştırılması

Farklı dentin yüzeylerine uygulanan Fuji IX, Fuji II LC ve Cention Forte materyalleri, uygulandıkları dentin yüzeylerine göre kendi içlerinde karşılaştırıldıklarında sağlam dentin ile yapay çürüklü dentin yüzeyleri arasında ve yapay çürüklü dentin yüzeyleri ile yapay çürük+GF solüsyonunun uygulandığı dentin yüzeyleri arasında kırık tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Üç materyalde de sağlam dentin yüzeyleri ve yapay çürük+GF solüsyonunun uygulandığı dentin yüzeyleri arasında kırık tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır ($p<0,05$).

4.2.2. Yaşlandırma İşlemi Yapılan Grupların Kırık Tiplerinin İncelenmesi

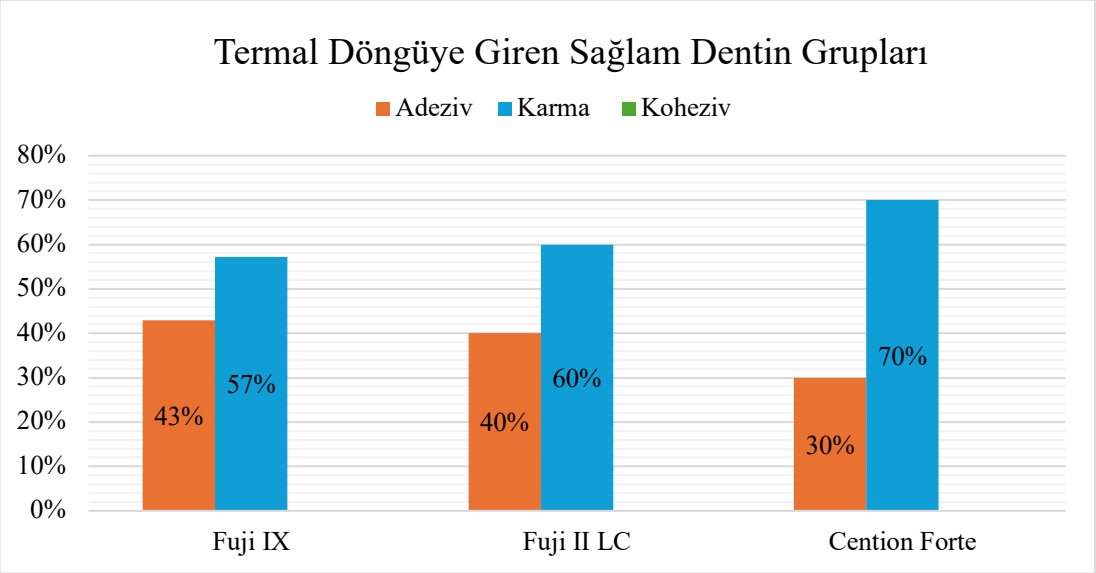
Materyal ve dentin yüzeyi gruplarından bağımsız olarak yaşlandırma işlemi yapılan gruplar değerlendirildiğinde, en sık karma kırık tipinin görüldüğü (%60) bunu adeziv (%34,4) ve koheziv (%5,56) kırık tiplerinin takip ettiği belirlenmiştir.

Sağlam Dentin Gruplarının Kırık Tiplerinin İncelenmesi

Materyalden bağımsız olarak değerlendirildiğinde en çok karma kırık tipi (%62,96) görülmüş olmuş, bunu adeziv kırık tipi (%37,04) takip etmiştir. Sağlam dentin yüzeyine yapılan restorasyonlarda koheziv kırık tipi görülmemiştir.

Materyaller kendi içlerinde değerlendirildiğinde, üç materyal grubunda da en çok görülen kırık tipi karma kırık olup, bunu adeziv kırık tipi takip etmiştir. Sırasıyla Fuji IX, Fuji II LC ve Cention Forte materyallerinde görülen karma kırık tipleri; %57,14, %60 ve %70, adeziv kırık tipleri ise; %42,86, %40 ve %30 olarak kaydedilmiştir. Fuji IX, Fuji II LC ve Cention Forte materyalleri kırık tipleri açısından karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır (p>0,05).

Termal döngüye giren sağlam dentinli örneklerin kırık tipleri Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



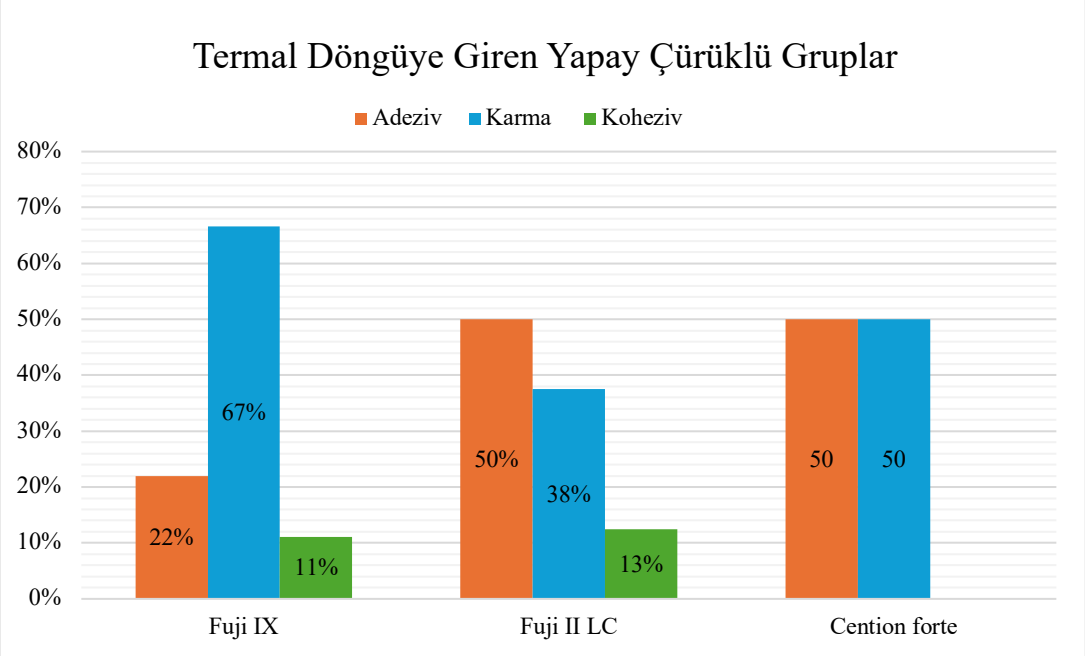
Şekil 4.4. Termal döngüye giren sağlam dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların kırık tiplerinin dağılımı

Yapay Çürüklü Dentin Yüzeyine Yapılan Restorasyonların Kırık Tiplerinin İncelenmesi

Yapay çürüklü ve yaşlandırma işlemi yapılan dentin grupları materyalden bağımsız olarak değerlendirildiğinde, en çok karma kırık tipi görülmüş olup (%51,85) olmuş, bunu adeziv kırık tipi (%40,74) takip etmiştir. En az görülen kırık tipi koheziv kırık (%7,41) olmuştur. Kırık tipleri açısından sağlam dentin ile karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır (p=0,284).

Materyaller kendi içlerinde değerlendirildiklerinde Fuji IX materyalinin uygulandığı grupta en çok karma (%66,67) sonrasında adeziv kırık tipi (%22,22), en az koheziv kırık tipi (%11,11) görülmüştür. Fuji II LC materyalinin uygulandığı gruplar incelendiğinde en çok adeziv kırık tipi (%50), sonrasında karma kırık tipi (%37,5) en az ise koheziv kırık tipi (%12,5) görülmüştür. Cention Forte materyalinin uygulandığı gruplar incelendiğinde ise adeziv ve karma kırık tipleri eşit sayıda görülmüştür. Materyaller birbirleri ile karşılaştırıldığında, Fuji IX, Fuji II LC ve Cention Forte materyallerinin uygulandığı gruplar arasında kırık tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Yaşlandırma işlemi yapılan yapay çürüklü dentin yüzeyine uygulanan restorasyonların materyale göre kırık tiplerinin dağılımı Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Termal döngüye giren yapay çürüklü dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların kırık tiplerinin dağılımı

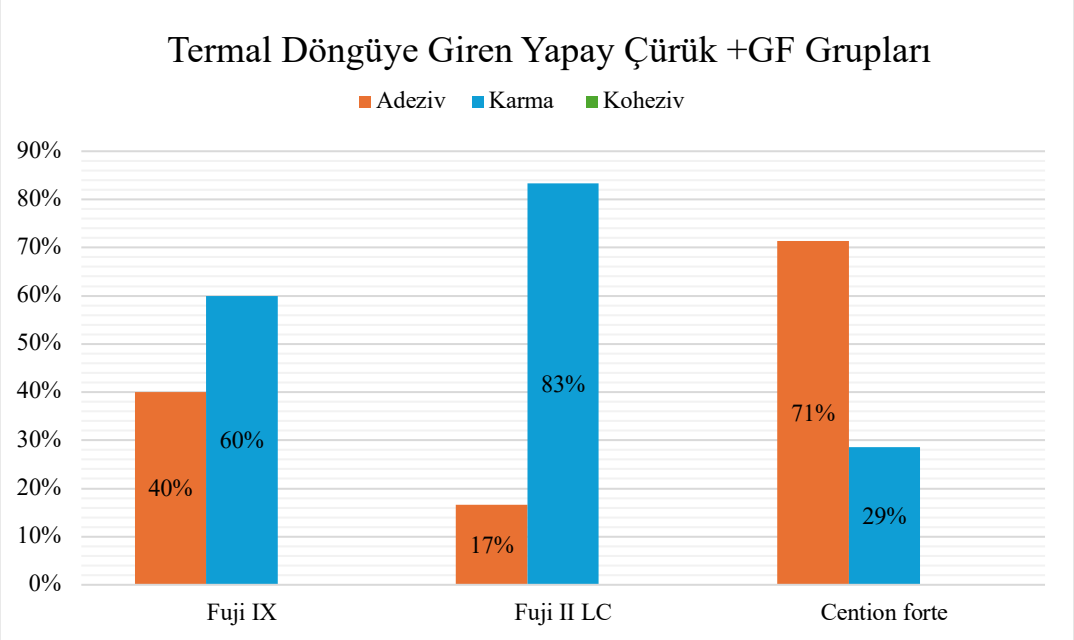
Yapay Çürük + GF Solüsyonu Uygulanan Dentin Yüzeylerine Yapılan Restorasyonların Kırık Tiplerinin İncelenmesi

Yapay çürük+ GF solüsyonu uygulanan ve yaşlandırma işlemi yapılan dentin yüzeylerinde meydana gelen kırık tipleri materyalden bağımsız olarak değerlendirildiğinde en çok karma kırık tipinin görüldüğü (%58,33), bunu adeziv kırık tipinin (%41,67) takip ettiği kaydedilmiştir. Bu gruplarda koheziv kırık görülmemiştir.

Yapay çürük+GF solüsyonunun uygulandığı dentin yüzeyleri, sağlam dentin yüzeyleri ve yapay çürüklü dentin yüzeyleri ile karşılaştırıldığında, kırık tipleri açısından aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p>0,05).

Materyaller kendi içlerinde değerlendirildiklerinde Fuji IX materyalinin uygulandığı grupta en çok karma kırık (%60) sonrasında adeziv kırık tipi (%40) görülmüştür. Fuji II LC materyalinin uygulandığı grup incelendiğinde de benzer şekilde en çok karma kırık tipinin (%83,33), sonrasında adeziv kırık tipinin (%16,67) görüldüğü kaydedilmiştir. Cention Forte materyalinin uygulandığı gruplar incelendiğinde sırasıyla adeziv kırık tipinin (%71,43) ve karma kırık tipinin (%28,57) görüldüğü kaydedilmiştir. Materyaller birbirleri ile karşılaştırıldığında, Fuji IX Fuji II LC ve Cention Forte grupları arasında kırık tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. (p>0,05)

Yapay çürük+ GF solüsyonu uygulanan ve yaşlandırma işlemi yapılan grupların materyale göre kırık tipleri dağılımı Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Termal döngüye giren yapay çürük+GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeylerine yapılan restorasyonların kırık tiplerinin dağılımı

Farklı dentin yüzeylerine uygulanan materyaller kendi içlerinde karşılaştırıldıklarında, Fuji IX, Fuji II LC ve Cention Forte materyallerinin sağlam detin, yapay çürüklü dentin ve yapay çürük+GF solüsyonunun uygulandığı dentin

yüzeylerinde meydana gelen kırık tipleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır (p>0,05).

4.2.3.Yaşlandırma İşleminin Kırık Tipleri Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi

Yaşlandırma işlemine tabi tutulan ve tutulmayan sağlam dentinli gruplar materyalden bağımsız olarak karşılaştırıldığında, termal döngüye girmeyen gruplarda en çok adeziv kırık görülürken, termal döngüye giren örnekler en çok karma kırık tipi görülmüştür. Ayrıca sağlam dentinli örneklerde termal döngüye girmeyen gruplarda koheziv kırık görülürken, termal döngüye giren örneklerde koheziv kırık görülmemiştir.

Sağlam dentin gruplarında materyaller kendi içlerinde karşılaştırıldığında, Fuji IX'un sağlam dentin yüzeyine uygulandığı gruplarda karma kırık oranı yaşlandırma yapılan örneklerde daha yüksek, adeziv kırık oranı ise daha düşük bulunmuş olup, yaşlandırma yapılan ve yapılmayan Fuji IX materyalinin uygulandığı gruplar arasında kırık tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır (p=0,648).

Fuji II LC materyalinin uygulandığı gruplar incelendiğinde, yaşlandırma işlemi yapılmayan sağlam dentin yüzeyinde görülen adeziv kırık tipi, yaşlandırma işlemi yapılan sağlam dentin yüzeyinde görülene göre daha yüksekken, karma kırık tipinde tam tersi olduğu görülmüş, kırık tipleri açısından istatiksel olarak anlamlı fark olmadığı kaydedilmiştir (p=0,91).

Cention Forte materyalinin uygulandığı gruplar değerlendirildiğinde, yaşlandırma işlemi yapılan gruplarda görülen karma kırık tipi oranı yaşlandırma işlemi yapılmayan gruplara göre göre daha fazlayken, adeziv kırık oranı daha azdır. Yaşlandırma işlemi yapılmayan grupta koheziv kırık görülürken, yaşlandırma işlemi yapılan grupta koheziv kırık görülmemiştir. Cention Forte materyalinin uygulandığı grupta yaşlandırma işlemi yapılan ve yapılmayan örneklerde görülen kırık tipleri arasında istatiksel olarak anlamlı fark olmadığı kaydedilmiştir (p=0,95).

Yaşlandırma işlemine tabi tutulan ve tutulmayan yapay çürüklü gruplar materyalden bağımsız olarak karşılaştırıldığında, en sık karma kırık tipi görülmüştür. Yapay çürüklü termal döngüye girmeyen gruplarda karma tip kırık oranı daha fazla iken, termal döngüye giren gruplarda adeziv kırıklar daha yüksek oranda bulunmuştur.

Termal döngüye giren gruplarda koheziv kırıkların oranı girmeyenlere göre daha fazla olarak kaydedilmiştir.

Materyaller kendi içinde karşılaştırıldığında, Fuji IX materyalinin uygulandığı gruplarda, yaşlandırma işlemi yapılan gruptaki karma ve adeziv kırık oranı yaşlandırma yapılmayan gruptakine göre daha az bulunmuş olup, yaşlandırma yapılan grupta koheziv kırık görülürken, yaşlandırma yapılmayan grupta görülmemiştir. Yaşlandırma yapılan ve yapılmayan gruplarda Fuji IX materyalinin uygulandığı örnekler arasında kırık tipleri açısından istatiksel olarak anlamlı olmadığı kaydedilmiştir (p=0,541).

Fuji II LC grupları incelendiğinde yaşlandırma yapılan gruptaki adeziv kırık oranı yapılmayan grubun oranına göre daha fazla bulunmuş, karma kırıklarda ise tam tersi yaşlandırma yapılan gruplardaki karma kırık oranı yapılmayan gruplardakine göre daha fazla olarak kaydedilmiştir. Yaşlandırma yapılan grupta koheziv kırık görülmüş, yapılmayan grupta görülmemiştir. Fuji II LC materyalinin yapay çürüklü örneklerinde yaşlandırma yapılan ve yapılmayan gruplar arasında kırık tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görülmüştür (p=0,485).

Cention Forte materyalinin uygulandığı gruplarda yaşlandırma işlemi yapılan örneklerde görülen karma kırık oranı yaşlandırma işlemi yapılmayan örneklere göre daha az iken, adeziv kırık oranı daha fazladır. Yaşlandırma yapılmayan grupta koheziv kırık görülürken, yaşlandırma yapılan grupta görülmemiştir. Cention Forte materyalinin uygulandığı gruplarda görülen kırık tiplerinin arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı kaydedilmiştir (p=0,638).

Yaşlandırma işlemine tabi tutulan ve tutulmayan yapay çürük ve GF solüsyonu uygulanmış gruplar materyalden bağımsız olarak karşılaştırıldığında, en sık karma kırık tipi görülmüştür. Ayrıca termal döngüye girmeyen gruplarda koheziv kırık görülürken termal döngüye giren gruplarda görülmemiştir. Termal döngüye girmeyen gruplarda karma kırıkların görülme oranı daha yüksek iken, adeziv kırıkların oranı ise termal döngüye giren gruplarda daha fazla bulunmuştur.

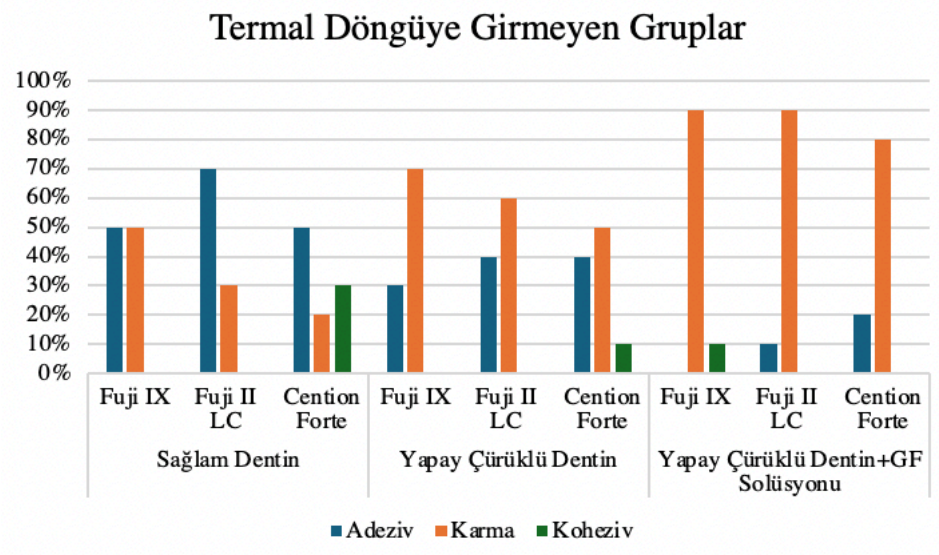
Materyaller kendi içinde karşılaştırıldığında, Fuji IX materyalinin uygulandığı grubunun örneklerinde, yaşlandırma işlemi yapılan örneklerdeki karma kırık oranı gruba göre daha az bulunmuştur. Ayrıca Fuji IX materyalinin yaşlandırma işlemi

yapılmayan grubunda adeziv kırık görülmemiştir. Bu grup, tüm çalışma dahilinde adeziv kırık tipinin görülmediği tek gruptur. Yaşlandırma işlemi yapılan ve yapılmayan Fuji IX materyalinin uygulandığı gruplarda kırık tipleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı kaydedilmiştir (p=0,74).

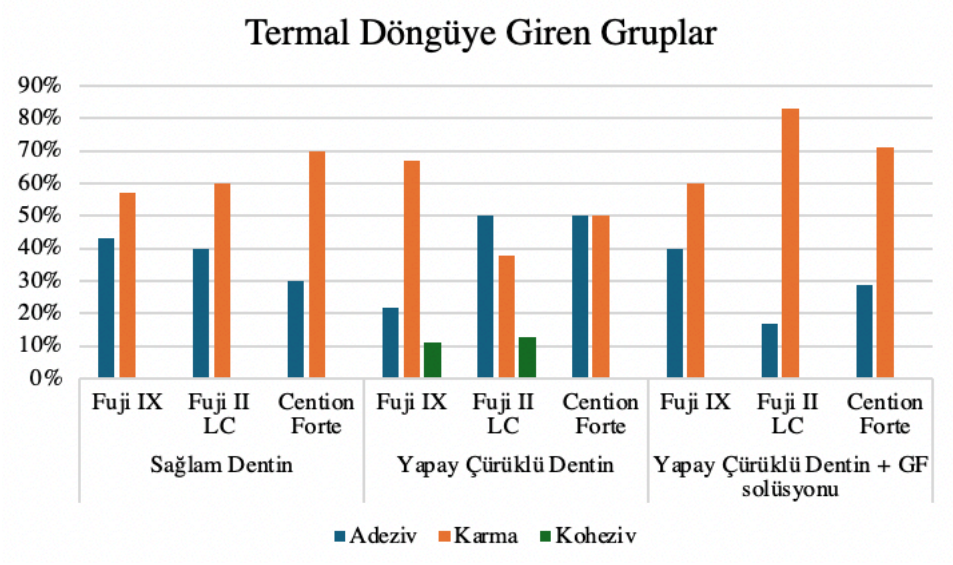
Fuji II LC materyalinin uygulandığı gruplarda, yaşlandırma yapılanlarda adeziv kırık oranı yaşlandırma yapılmayanlara göre daha yüksek, karma kırık oranı ise daha düşük bulunmuştur. Fuji II LC materyalinin yaşlandırma yapılan ve yapılmayan grupları arasında kırık tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır (p=0,505).

Cention Forte materyalinin uygulandığı gruplarda, yaşlandırma işlemi yapılan örneklerde görülen karma kırık oranı yaşlandırma işlemi yapılmayan örneklere göre daha az iken, adeziv kırık oranı daha fazladır. Cention Forte materyalinin uygulandığı gruplarda görülen kırık tiplerinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı kaydedilmiştir (p=0,141).

Yaşlandırma işlemi yapılmayan ve yapılan grupların kırık tiplerinin dağılımı Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de verilmiştir.

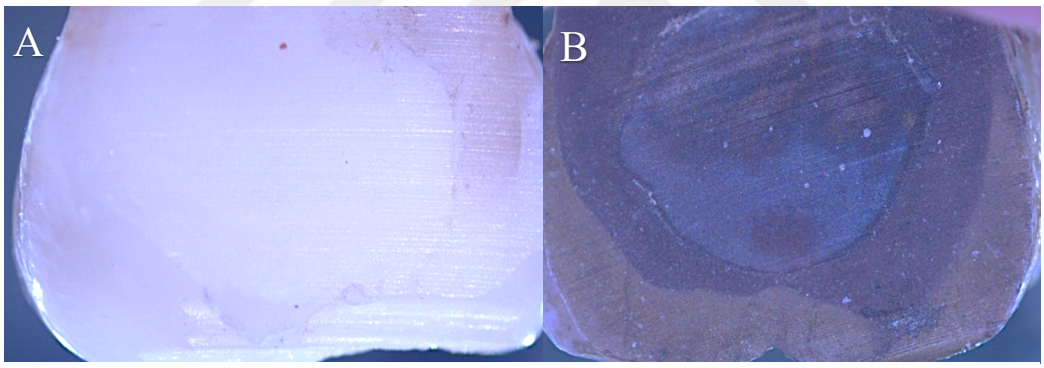


Şekil 4.7. Yaşlandırma işlemi yapılmayan gruplarda görülen kırık tiplerinin dağılımı

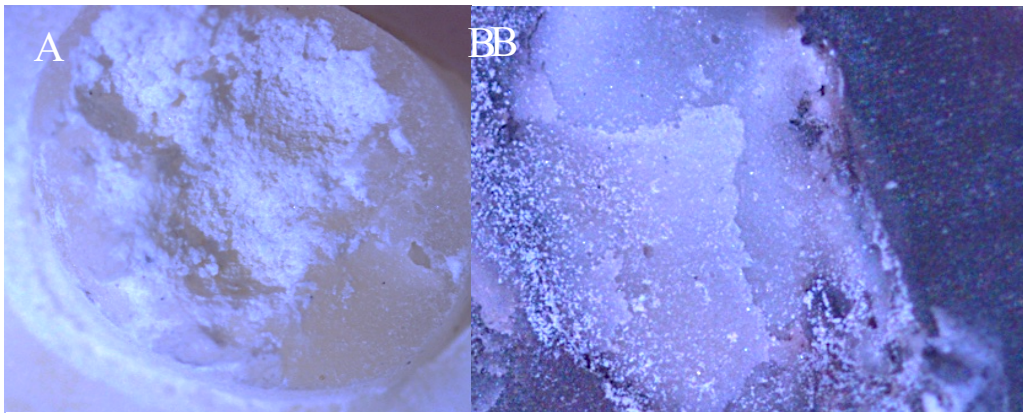


Şekil 4.8. Yaşlandırma işlemi yapılan gruplarda görülen kırık tiplerinin dağılımı

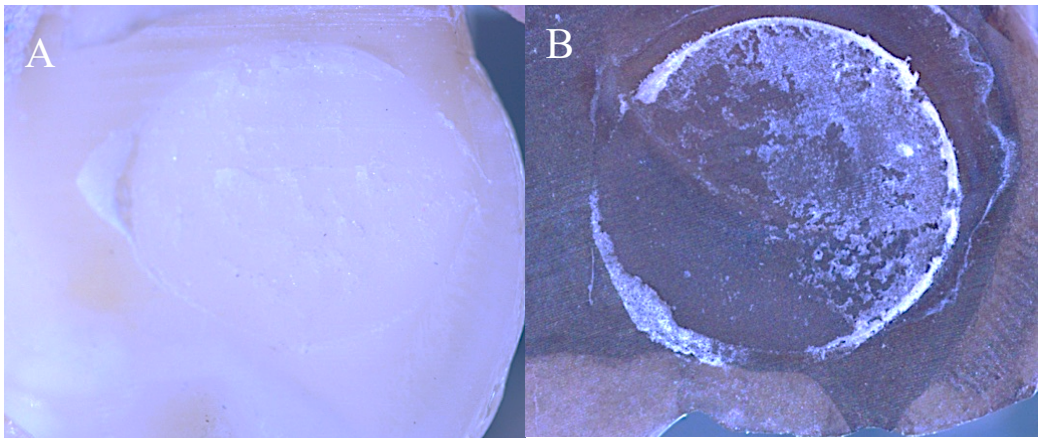
Her kırık tipinin GF solüsyonu uygulanan ve uygulanmayan gruplarından örnek stereomikroskop görüntüleri Şekil 4.9, Şekil 4.10. ve Şekil 4.11.'de verilmiştir.



Şekil 4.9. Adeziv kırık tipi örnekleri. A) GF uygulanmamış dentin yüzeyinde adeziv kırık B) GF solüsyonu uygulanmış dentin yüzeyinde adeziv kırık



Şekil 4.10. Koheziv kırık tipi örnekleri A)GF uygulanmamış dentin yüzeyinde koheziv kırık B)GF solüsyonu uygulanmış dentin yüzeyinde koheziv kırık



Şekil 4.11. Karma kırık tipi örnekleri A)GF uygulanmamış dentin yüzeyinde karma kırık B)GF solüsyonu uygulanmış dentin yüzeyinde karma kırık

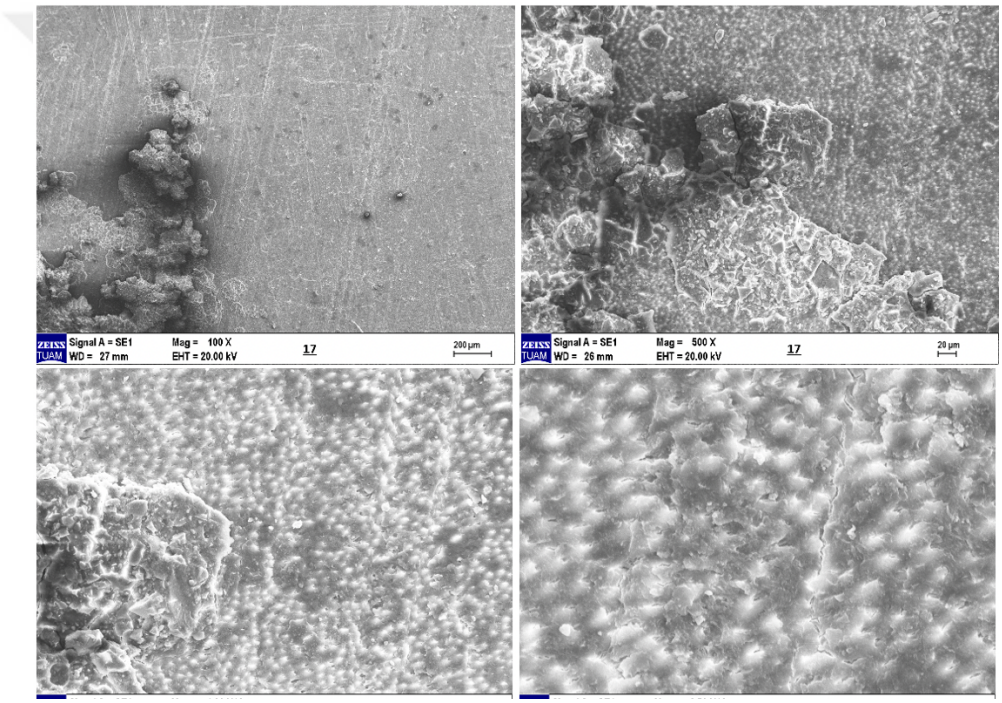
4.3. SEM Analizi Sonuçları

Her gruptan rastgele seçilen bir örneğe ait SEM analizinde materyal-dentin ara yüzey yapıları değerlendirilmiştir. Elde edilen görüntüler 100x, 500x, 1000x ve 2500x büyütmelerde kaydedilmiştir.

4.3.1. Yaşlandırma İşlemi Yapılmayan Örneklerden Elde Edilen SEM Görüntüleri

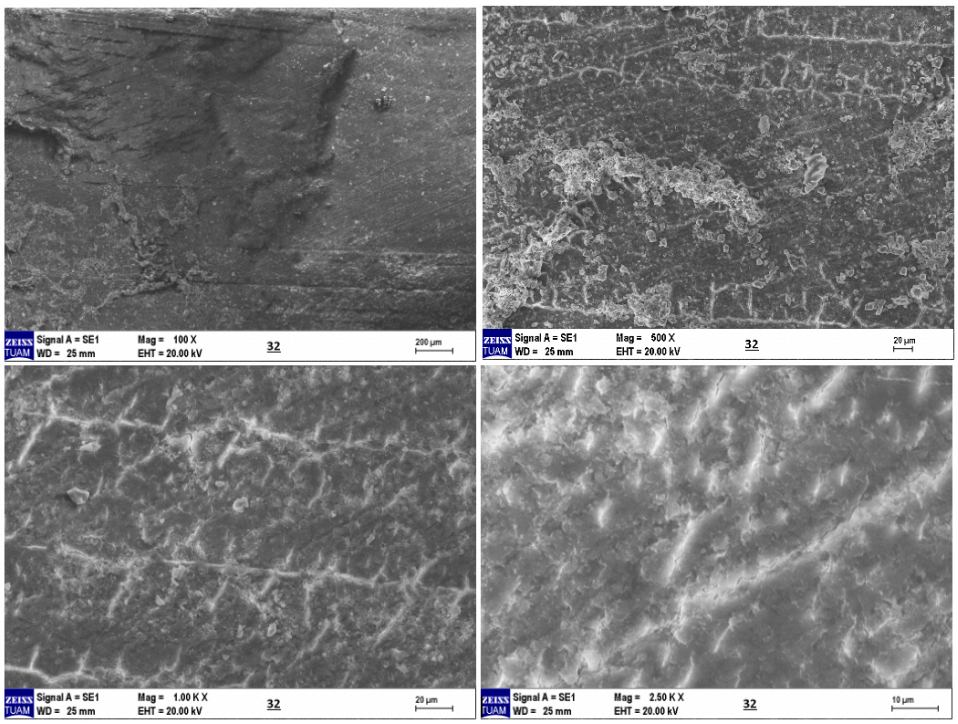
Sağlam Dentin Gruplarının SEM Görüntüleri

Fuji IX Materyalinin Uygulandığı Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen Görüntüler



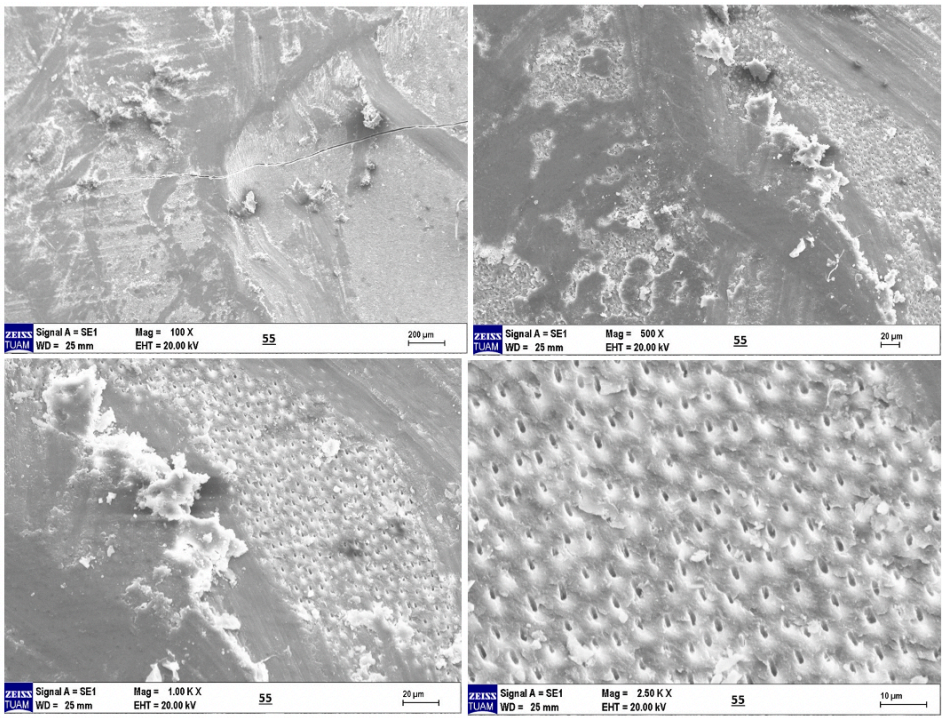
Şekil 4.12. Fuji IX materyalinin yaşlandırma işlemi yapılmayan sağlam dentin yüzeyine uygulanması sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Fuji II LC Materyalinin Uygulandığı Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen Görüntüler



Şekil 4.13. Fuji II LC materyalinin yaşlandırma işlemi yapılmayan sağlam dentin yüzeyine uygulanması sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede

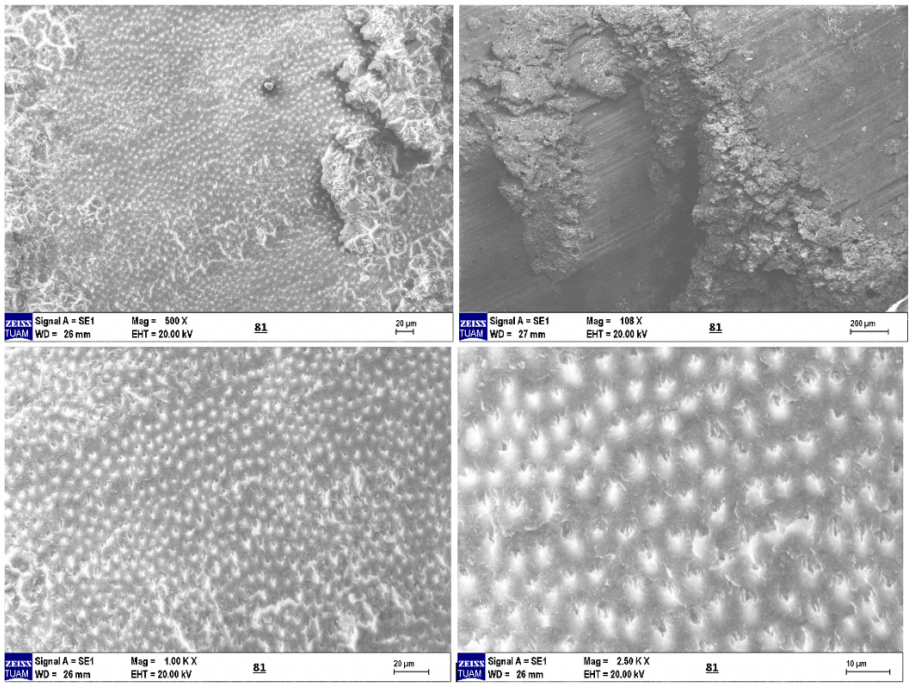
Cention Forte Materyalinin Uygulandığı Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen Görüntüler



Şekil 4.14. Cention Forte materyalinin yaşlandırma işlemi yapılmayan sağlam dentin yüzeyine uygulanması sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

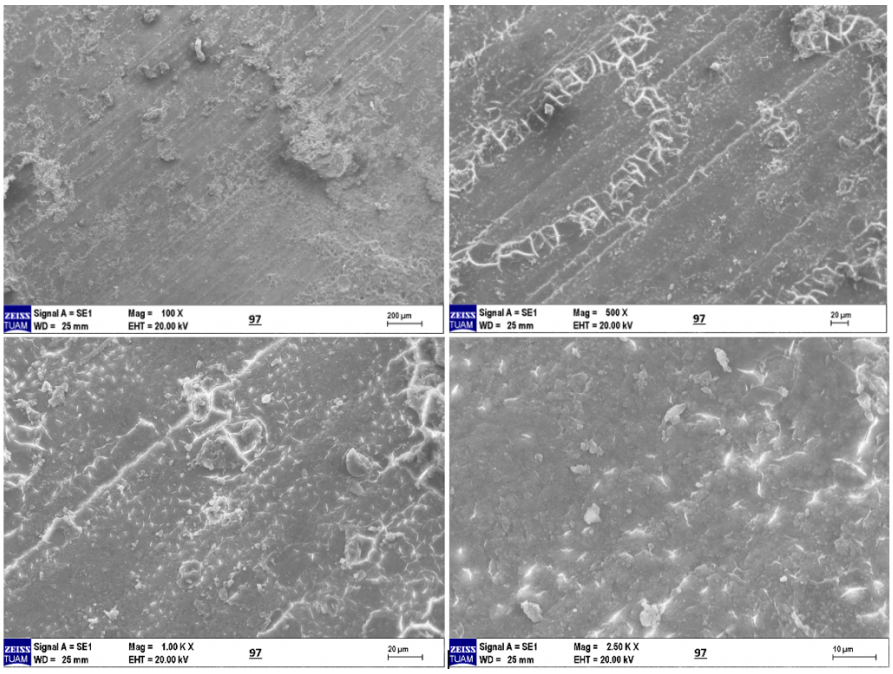
Yapay Çürüklü Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen SEM Görüntüleri

Fuji IX Materyalinin Uygulandığı Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen Görüntüler



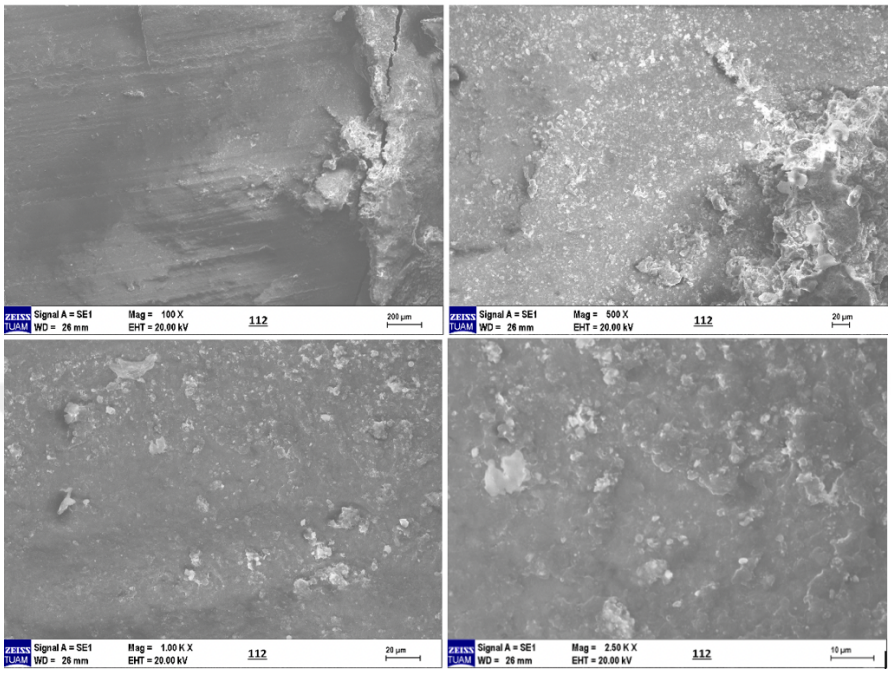
Şekil 4.15. Fuji IX materyalinin yaşlandırma işlemi yapılmayan yapay çürüklü dentin yüzeyine uygulanması sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Fuji II LC Materyalinin Uygulandığı Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen Görüntüler



Şekil 4.16. Fuji II LC materyalinin yaşlandırma işlemi yapılmayan yapay çürüklü dentin yüzeyine uygulanması sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

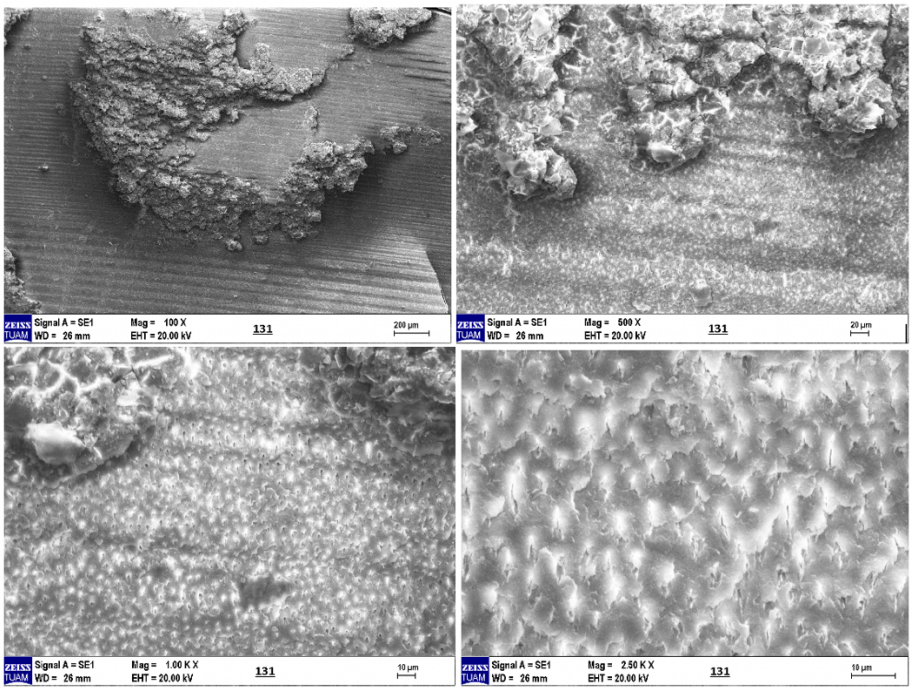
Cention Forte Materyalinin Uygulandığı Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen Görüntüler



Şekil 4.17. Cention Forte materyalinin yaşlandırma işlemi yapılmayan yapay çürüklü dentin yüzeyine uygulanması sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

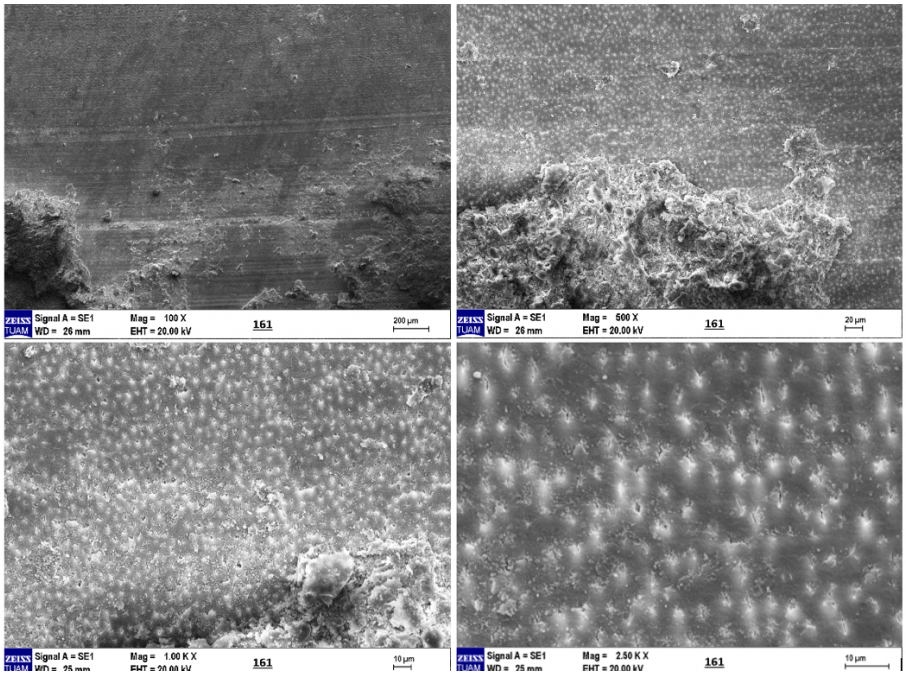
Yapay Çürük + GF Solüsyonu Uygulanan Dentin Gruplarından Elde Edilen SEM Görüntüleri

Fuji IX Materyalinin Uygulandığı Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen Görüntüler



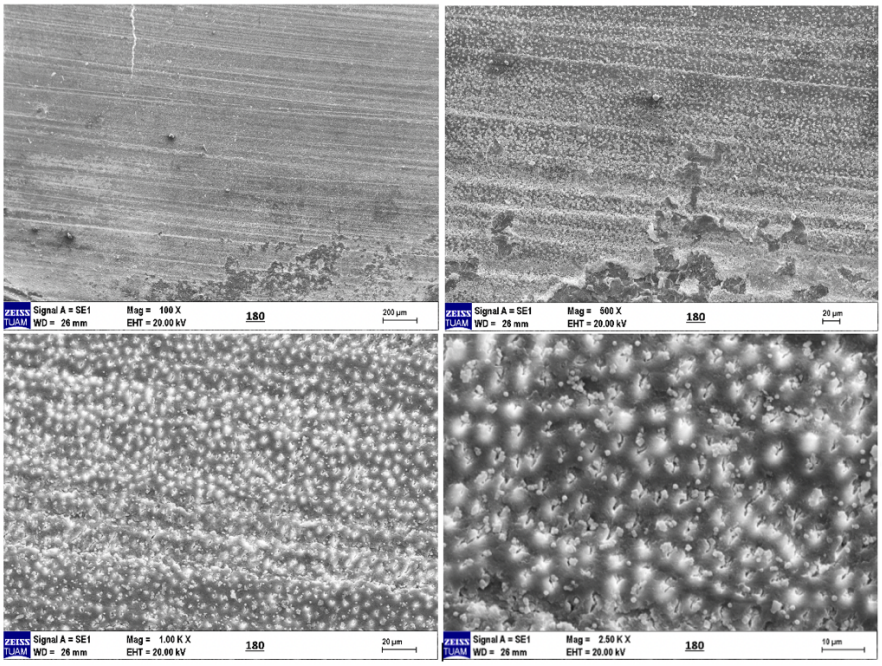
Şekil 4.18. Fuji IX materyalinin yaşlandırma işlemi yapılmayan yapay çürük + GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Fuji II LC Materyalinin Uygulandığı Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen Görüntüler



Şekil 4.19. Fuji II LC materyalinin yaşlandırma işlemi yapılmayan yapay çürük + GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Cention Forte Materyalinin Uygulandığı Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen Görüntüler

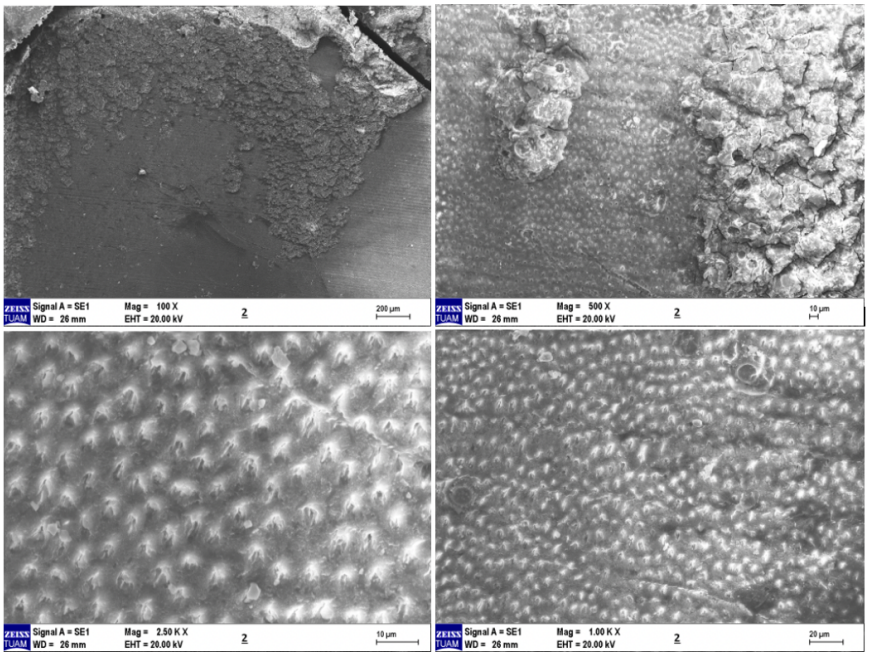


Şekil 4.20. Cention Forte materyalinin yaşlandırma işlemi yapılmayan yapay çürük + GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

4.3.2. Yaşlandırma İşlemi Yapılan Örneklerden Elde Edilen SEM Görüntüleri

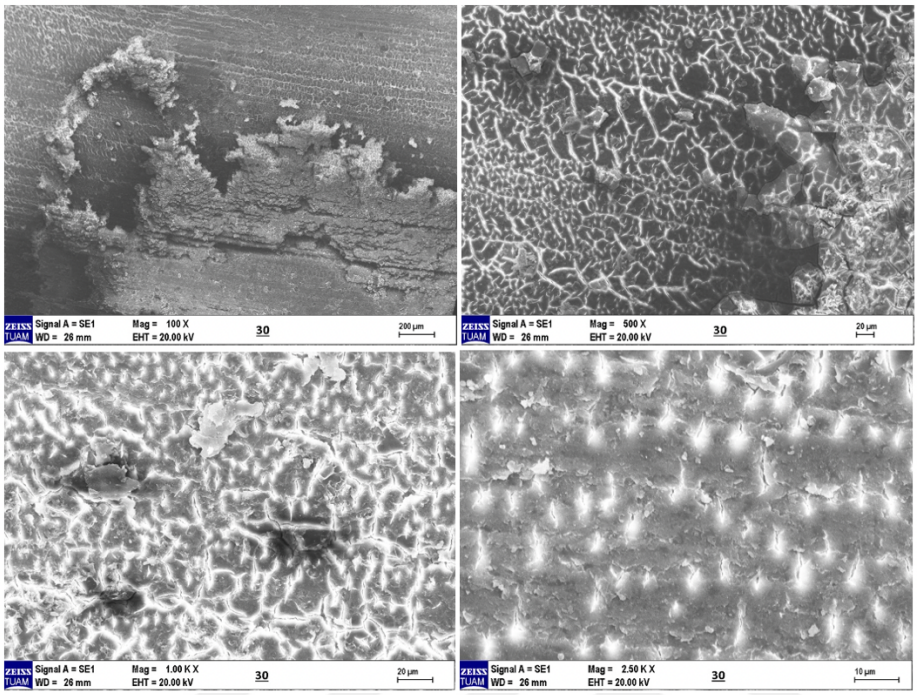
Sağlam Dentin Gruplarından Elde Edilen SEM Görüntüleri

Fuji IX Materyalinin Uygulandığı Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen Görüntüler



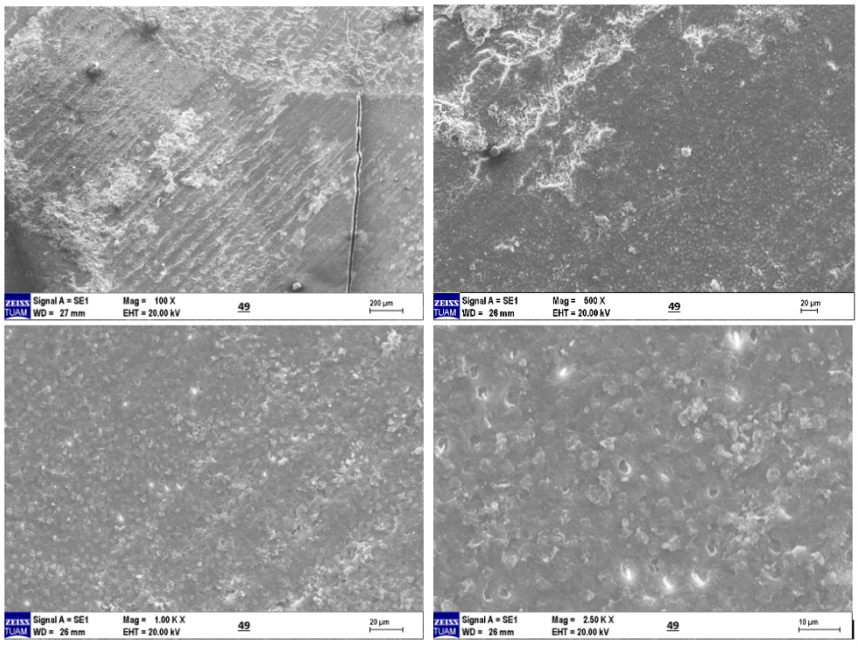
Şekil 4.21. Fuji IX materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan sağlam dentin yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Fuji II LC Materyalinin Uygulandığı Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen Görüntüler



Şekil 4.22. Fuji II LC materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan sağlam dentin yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

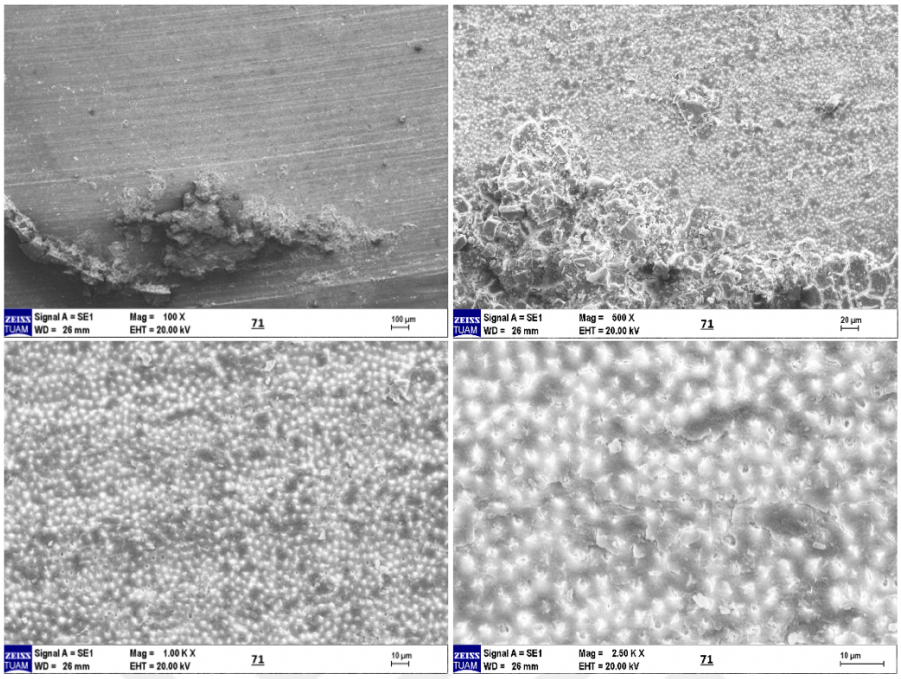
Cention Forte Materyalinin Uygulandığı Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen Görüntüler



Şekil 4.23. Cention Forte materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan sağlam dentin yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

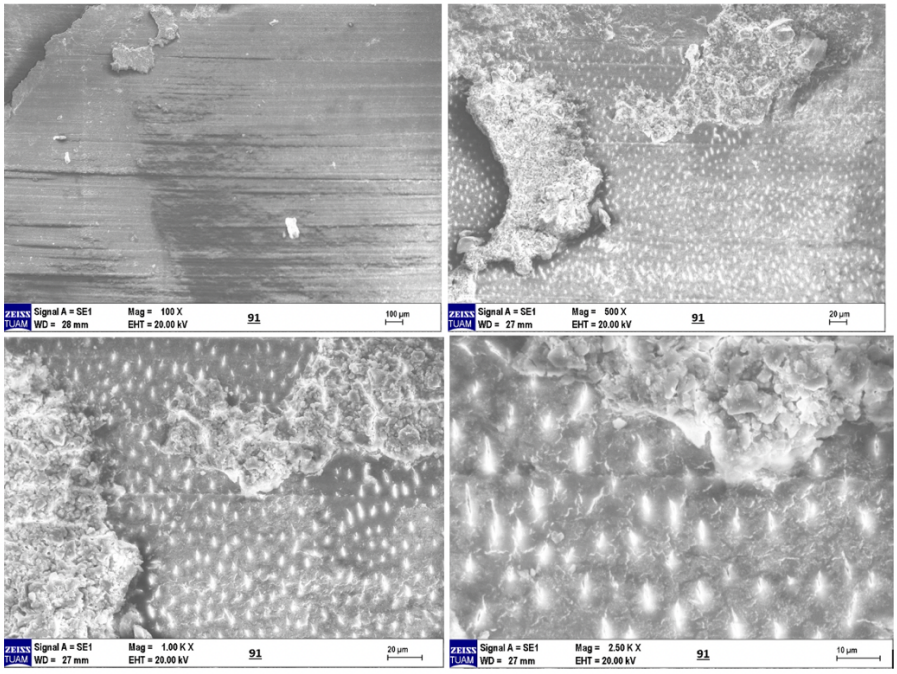
leri

Fuji IX Materyalinin Uygulandığı Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen Görüntüler



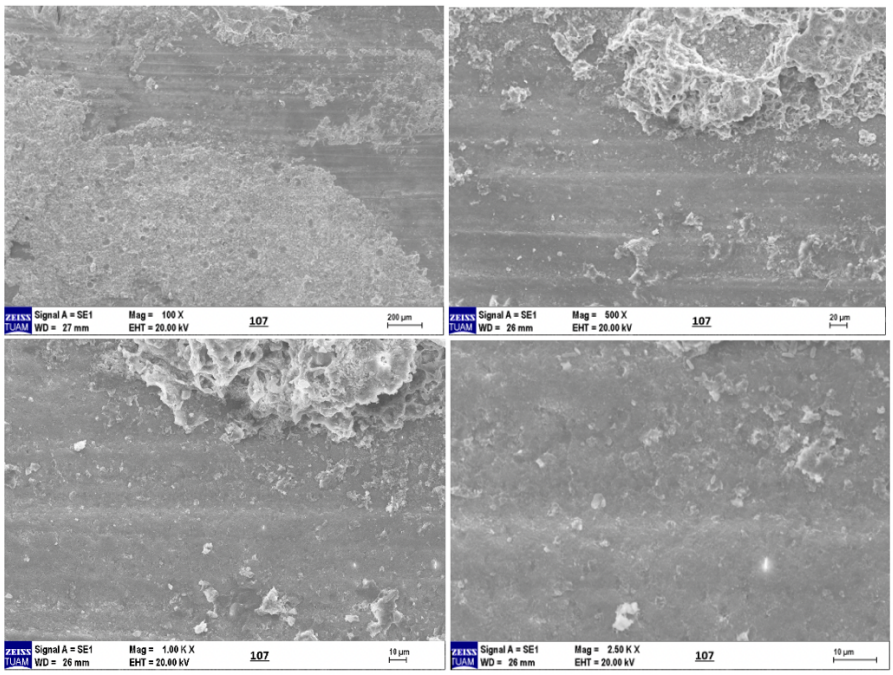
Şekil 4.24. Fuji IX materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan yapay çürüklü yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Fuji II LC Materyalinin Uygulandığı Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen Görüntüler



Şekil 4.25. Fuji II LC materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan yapay çürüklü yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

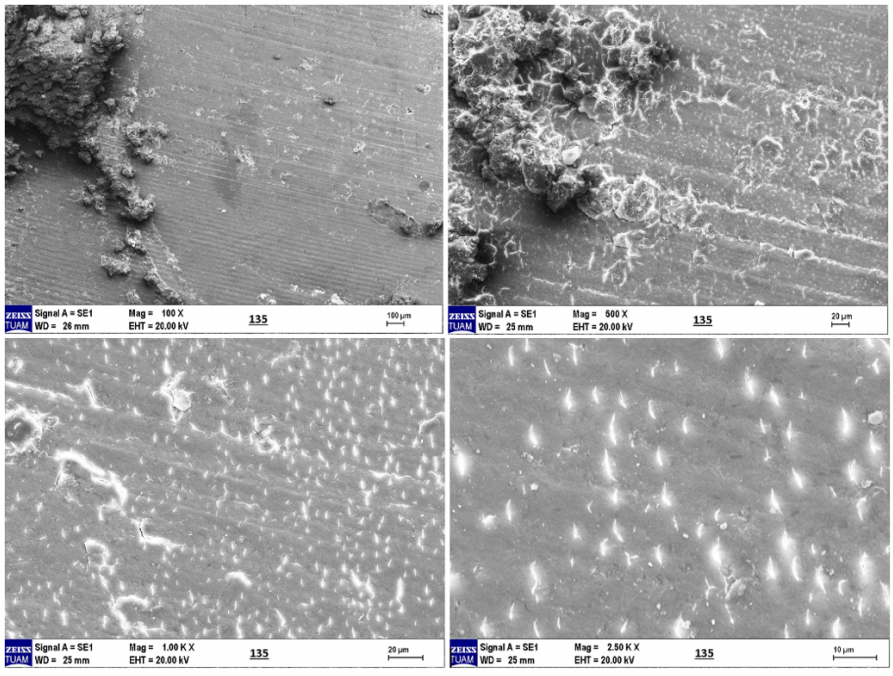
Cention Forte Materyalinin Uygulandığı Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen Görüntüler



Şekil 4.26. Cention Forte materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan yapay çürüklü yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

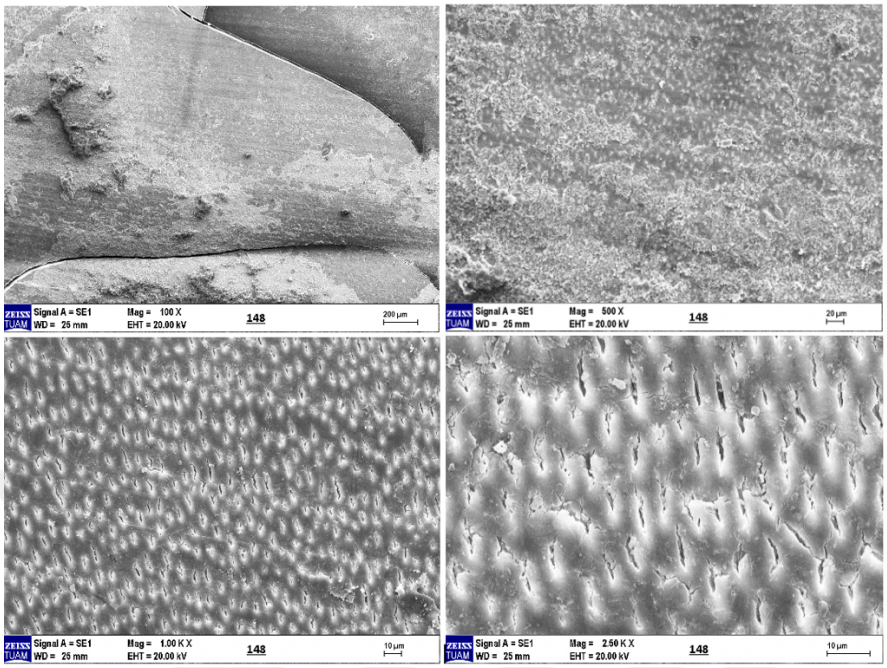
Yapay Çürük + GF Solüsyonu Uygulanan Dentin Gruplarından Elde Edilen SEM Görüntüleri

Fuji IX Materyalinin Uygulandığı Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen Görüntüler



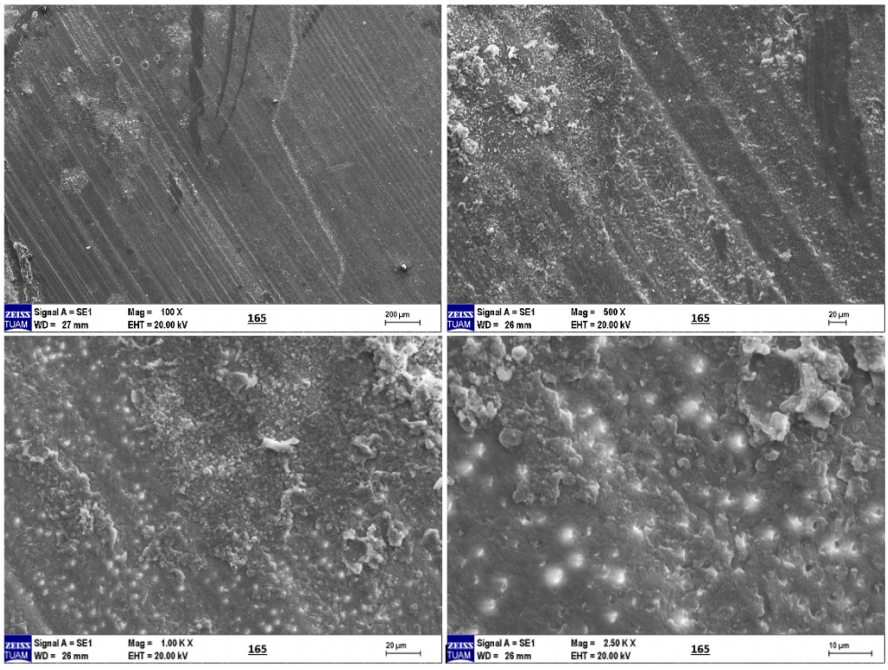
Şekil 4.27. Fuji IX materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan yapay çürük + GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Fuji II LC Materyalinin Uygulandığı Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen Görüntüler



Şekil 4.28. Fuji II LC materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan yapay çürük + GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

Cention Forte Materyalinin Uygulandığı Dentin Yüzeylerinden Elde Edilen Görüntüler



Şekil 4.29. Cention Forte materyalinin yaşlandırma işlemi yapılan yapay çürük + GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeyine yerleştirilmesi sonrası elde edilen; x100, x500, x1000, x2500 büyütmede görüntüleri

5. TARTIŞMA

En yaygın çocukluk çağı hastalıklarından biri olan diş çürükleri, yalnızca oral sağlığı değil, aynı zamanda çocukların genel sağlıklarını, büyüme hızlarını ve yaşam kalitelerini de ciddi şekilde etkilemektedir. Sheiham'ın [59] yaptığı çalışma sonucunda, çürüklerin tedavi edilmesinin çocuklarda büyüme ve kilo artışını hızlandırdığı, buna karşın tedavi edilmemiş olguların beslenme bozukluğu ve düşük yaşam kalitesi açısından daha yüksek risk taşıdığı belirlenmiştir. Tungare ve Paranjpe'nin [58] 2025 yılında yaptıkları klinik derleme çalışmasında, tedavi edilmeyen çocukluk çağı çürüklerinin sistemik etkilerinin yüksek olduğunu; çocuklarda ağrı, beslenme bozukluğu ve gelişimsel gerilikle sonuçlanabileceğini vurgulamışlardır.

Diş çürükleri rutin olarak geleneksel tedavi yöntemleri kullanılarak tedavi edilmektedir. Fakat özellikle psikolojik ve duygusal olgunluğa sahip olmayan ya da tıbbi, mental ve fiziksel durumlarından dolayı kooperasyon kurulmasında güçlük çekilen hastalarda bu tedavi yöntemlerinin uygulanmasında zorluklar yaşanmaktadır. Shim ve ark'nın [255] yaptığı çalışmada, çocukluk döneminde dental anksiyetenin prevalansının %24 civarında olduğu, bu durumun özellikle okul öncesi yaş grubunda daha yüksek seyrettiği gösterilmiştir. Yakın zamanda gerçekleştirilen bir çalışmada da benzer şekilde, dental anksiyetenin çocuklarda kooperasyon güçlüğüne, tedavi süresinin uzamasına neden olduğu ve tedavinin sıklıkla sedasyon veya genel anestezi gibi farmakolojik yöntemler ile tamamlandığı sonucuna varılmıştır.[256] 6-12 yaş arası çocuk hastalarda yapılan bir başka çalışma sonucunda, katılımcıların %29,33'de geleneksel tedavi yöntemlerine karşı dental anksiyete geliştiği, %28,67'sinde ise tedaviye bağlı davranış bozukluğunun meydana geldiği kaydedilmiştir.[257] 2016 yılında yapılan başka bir çalışmada da benzer şekilde, çalışmaya katılan 105 hastanın %40'ının geleneksel yöntemlerle yapılan dental tedaviye karşı korku duyduğu, en çok korkulan işlemlerin ise sırasıyla lokal anestezi, kavite preparasyonu ve preparasyon esnasında hissedilen boğulma hissi olduğu bildirilmiştir.[258] Otizm Spektrum Bozukluğu olan hastaların değerlendirildiği bir çalışmada, bireylerin dental tedaviye yaklaşımları incelenmiş, çalışmaya katılan çocukların %68'inde tedavi için kooperasyonun sağlanamadığı ve dental anksiyete görüldüğü kaydedilmiştir. [259] Bu hasta gruplarında kooperasyon güçlüğü, mevcut risklere karşın diş tedavilerinin

sedasyon ya da genel anestezi altında gerçekleştirilmesini zorunlu hale getirebilmektedir.

Genel anestezi ihtiyacının yanında, geleneksel tedavi yöntemlerinin gerektirdiği girişimsel işlemlerin, diş dokusu ve pulpal sağlık durumu üzerindeki olumsuz etkileri güncel literatür tarafından da net biçimde ortaya konmuştur. Pitts ve Ekstrand [73] yaptığı çalışmada, geleneksel çürük temizleme yöntemlerinin enfekte dentin ile remineralize olabilecek dentin dokusunu ayırt edemeyerek, gereksiz sert doku kaybına yol açtığını belirtmiştir. Geleneksel yöntemler sırasında oluşan termal ve mekanik stresler, özellikle süt dişlerinde daha geniş pulpa odası ve daha ince dentin tabakası bulunması nedeniyle pulpa dentin kompleksinde inflamatuar yanıtları tetikleyebilmektedir [260]. Histolojik olarak bu durum, odontoblast tabakasında bozulma, pulpal dokuya iletimin zayıflamasına ve ilerleyen vakalarda pulpal nekroz ile sonuçlanabilmektedir. Dallı ve ark.'nın [261] yaptığı çalışma sonucunda, geleneksel kavite preparasyonlarının mine ve dentinde meydana getirdiği gereksiz madde kayıpları nedeniyle, restorasyon kenarlarında marjinal uyumsuzluk ve sekonder çürük riskinin arttığını bildirilmiştir.

Tüm bu etkenler, çocuk diş hekimliğinde minimal invaziv tedavi yaklaşımlarının önem kazanmasına yol açmıştır. Bu yaklaşımların temeli ise, koruyucu önlemler ile konservatif tedavi uygulamalarının bir araya getirilebilmesine dayanmaktadır.[5] Bu yaklaşım, hastalarda kooperasyonun sağlanması, mümkün olan en kısa yoldan tedavinin tamamlanabilmesi, genel anestezi gibi farmakolojik tedavi ihtiyaçlarının ortadan kalkması[7], biyoaktif materyaller ile dişte remineralizasyonun sağlanması ve dişlerin doğal düşme sürecine kadar korunması konularına odaklanmıştır.[5] Arrow ve ark.'nın [9] yapmış oldukları randomize kontrollü çalışma sonucunda, çocukluk dönemindeki çürüklerin minimal invaziv yöntemler ile tedavisinin girişimsel işlemlere olan ihtiyacı azalttığı kaydedilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, geleneksel ve minimal invaziv çürük uzaklaştırma yöntemleri karşılaştırılmış; sonuçlar, geleneksel yöntemin pulpa perforasyonu riskini anlamlı derecede artırdığını, minimal invaziv yaklaşımların ise benzer restorasyon başarısı sağlamakla birlikte pulpa canlılığını koruma açısından daha avantajlı olduğunu ortaya koymuştur. [146] Banerjee ve ark. [155] tarafından yayımlanan raporda, geleneksel çürük temizleme yöntemlerinin artık önerilmediği, bunun yerine pulpaya yakın bölgelerde etkilenen ancak remineralize

olabilen dentinin korunmasının tavsiye edildiği belirtilmiştir. Erken çocukluk çağı çürüklerinin tedavisinde minimal invaziv tedavi uygulamalarının, genel anestezi altında yapılan tedavilere kıyasla etkinliğini değerlendirildiği bir başka çalışmada, minimal invaziv yöntemler ile tedavi edilen çocukların %88'i ihtiyaç duydukları tedaviye zamanında ulaşabilirken, bu oran genel anestezi grubunda %61'de kalmıştır. Bu bulgu, minimal invaziv yaklaşımların yalnızca sağlık hizmetlerine erişim bakımından değil, aynı zamanda klinik etkinlik açısından da önemli avantajlar sunduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmanın bir diğer bulgusu, minimal invaziv yöntemlerin çok daha düşük maliyetle daha fazla sayıda vakanın etkin biçimde yönetilmesine olanak tanımasıdır. [262]

Literatürde, çocuk diş hekimliğinde yararlanılan farklı minimal invaziv tedavi yöntemleri ve günümüze kadar bu yöntemlerin klinik başarısını değerlendirmiş pek çok çalışma mevcuttur. Çalışmamızda da geleneksel tedavi yöntemlerinin dezavantajları göz önünde bulundurularak, özel gereksinimli ve kooperasyon sıkıntısı yaşayan hasta gruplarında alternatif olarak kullanılabilecek minimal invaziv tedavi yaklaşımları değerlendirilmiştir.

Minimal invaziv tedavi yaklaşımlarından biri olan ART yöntemi, dental tedaviye erişimin kısıtlı olduğu bölgelerde uygulanmaya başlanan, günümüzde ise kooperasyon güçlüğü olan hastalarda da tercih edilen, döner alet gerektirmeyen bir yaklaşım olup, literatürde yönteme ilişkin çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Çin'de 7-9 yaş arası çocuklar ile yapılan klinik bir çalışmada, ART ve geleneksel yöntemler karşılaştırılmıştır. Yapılan 1 yıllık takip sonrası ART yöntemi ve geleneksel tedavi yöntemlerinin benzer klinik başarı oranlarına sahip olduğu sonucuna varılmıştır.[263] Dorri ve ark. [2] tarafından yayımlanan bir çalışmada da geleneksel yöntemlerle ART yönteminin karşılaştırılması sonucunda benzer başarı oranları elde edildiği ve özellikle kooperasyon güçlüğü yaşayan çocuklarda, klinik olarak uygulanabilir bir alternatif sunduğu vurgulanmıştır.

ART yönteminde lokal anestezi ihtiyacının olmaması ve herhangi bir döner alet kullanılmaması, kooperasyon zorluğu yaşanan hasta grupları için avantaj sağlamaktadır. Elhennawy ve ark.'nın [264] 2021 yılında yaptığı çalışmada, döner alet ile çürüğün temizlenmesinin, özellikle çocuk hastalarda tedaviye uyum, kooperasyon zorlukları ve motivasyon kaybı açısından sınırlayıcı olduğu sonucuna varılmıştır.

Ishan ve ark'ın [265] yaptıkları çalışma sonucunda, ART uygulanmadan önce okul öncesi çocuklarda tedaviye yönelik anksiyete düzeyi daha yüksekken, ART uygulamasıyla birlikte bu düzeyin azaldığı gözlemlenmiştir. Lo ve ark'nın [266] yürüttüğü bir kohort çalışmada, çocukların %93'ü ART sırasında herhangi bir ağrı hissetmediklerini ifade etmiş, %86'sı ise gelecekte tekrar bu tedaviyi almaya istekli olduklarını belirtmiştir.

ART yöntemi, rutin olarak uygulanan birçok tedavi yöntemine göre daha düşük maliyetli bir tedavi alternatifidir. Mickenautsch ve ark'ın [267] yaptığı klinik çalışma sonucunda, klinik ortamda uygulanan ART restorasyonlarının geleneksel yöntemlerle yapılan restorasyonlara göre daha maliyet etkin bir tedavi seçeneği sunduğu belirtilmiştir.

Süt dişlerinde gerçekleştirilen klinik bir çalışmada, 835 çocuk hastada ART ve amalgam restorasyonlarının sağkalım oranları karşılaştırılmıştır. Üç yıllık takip sonunda, tek yüzlü restorasyonlarda ART'nin sağkalım oranı %86,1 iken, amalgam ile yapılan geleneksel restorasyonlarda bu oran %79,6 olarak bildirilmiştir. Çok yüzlü restorasyonlarda ise ART için %48,7, amalgam için %42,9 sağkalım oranı elde edilmiş, ancak bu fark anlamlı bulunmamıştır. Çalışma sonucunda, cam iyonomer ile uygulanan ART yönteminin süt dişlerindeki dentin çürüklerinin tedavisinde, özellikle tek yüzlü restorasyonlarda, amalgam kullanılan geleneksel yöntemlere kıyasla daha yüksek başarı sunduğu belirtilmiştir.[268] Benzer şekilde ART'nin diğer geleneksel tedavi yöntemleri ile karşılaştırıldığı başka bir çalışmada, ART yöntemi ve geleneksel yöntemle yapılan kompozit restorasyonların 6 ve 12. aydaki sağkalım oranları karşılaştırmıştır. Çalışmaya, asemptomatik dentin çürükleri olan 154 hasta dahil edilmiş, sınıf II kavitelere tedavi uygulanmıştır. Başarı oranları ART yöntemi ile 6. ayda %98,7, 12. ayda %95,8; geleneksel yöntem ile yapılan kompozit rezin restorasyonlarda ise 6. ayda %100, 12. ayda %98,7 bulunmuş; gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır. Çalışma sonucunda araştırmacılar, 12 aylık takip süresi sonunda sınıf II restorasyonlarda ART tekniği ile yapılan YVCİS uygulamalarının, kompozit rezin restorasyonlarla benzer başarı ve sağkalım oranları sunduğunu, dolayısıyla proksimal kavitelerde de kullanılabileceğini belirtmiştir. [269]

Dorri ve ark. [2] 2017'de yapmış olduğu çalışma sonucunda, ART yönteminde kullanılan materyalin, tedavinin klinik başarısını doğrudan etkilediğini

kaydetmişlerdir. Süt azı dişlerinin sınıf II restorasyonlarında kullanılan ART yönteminin iki farklı restoratif materyal ile değerlendirildiği çalışmada, siloran bazlı rezin kompozit ile cam iyonomer siman arasındaki restorasyon sağkalım oranları karşılaştırılmıştır. 24 aylık takip sonucunda, materyaller arasındaki sağkalım oranları arasında, istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. [270]

ART'nin limitasyonları değerlendirildiğinde, en yaygın görülen başarısızlığın, restorasyon kenarlarında oluşan boşluklara bağlı olarak gelişen marjinal sekonder çürük olduğu bildirilmiştir. [2] Ayrıca Roeleveld ve ark'nın [169] 6–7 yaş aralığındaki 217 çocuk hasta ile yürüttüğü klinik çalışmada, el aletleri ile gerçekleştirilen çürük uzaklaştırma işlemi sonrasında kavite içerisinde rezidüel bakterilerin kalabildiği ve bu bakterilerin uzun süre varlıklarını sürdürerek çürük ilerlemesini kolaylaştırdığı bildirilmiştir. Bu doğrultuda, çalışmamızda ART tekniğine alternatif yöntemler de değerlendirilmiştir.

Florürlü vernikler çürükten korunmada altın standart olsa da, mevcut çürüklerin durdurulması ve yeni lezyonların önlenmesinde GDF solüsyonları daha etkili bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Çin'de okul önceki çocuk hastalarda gerçekleştirilen bir klinik çalışmada, 308 hastanın 30 ay süreyle takibi sonucunda, GDF'nin çürüğü durdurma ve önlemede %96 oranında başarı sağladığı, buna karşın %5'lik NaF verniğinin yalnızca %55,7 oranında etkili olduğu bildirilmiştir. [131]

GDF, içerdiği gümüş ve florür iyonlarının sinerjistik etkisiyle çürük ilerlemesini durdurma etkisine sahiptir.[89] Yapay çürük oluşturulmuş örnekler üzerinde yapılan bir in vitro çalışmada, florür solüsyonu, gümüş nitrat solüsyonu ve GDF solüsyonu değerlendirilmiş; GDF uygulanan grupta dentin demineralizasyonunun anlamlı şekilde azaldığı, mineral ve kollajen kaybının diğer gruplara göre çok daha az olduğu kaydedilmiştir. [114] Seto ve ark'nın [128] süt ve daimi dişler üzerinde yapmış oldukları bir çalışma sonucunda, GDF'nin yalnızca antimikrobiyal etki göstermediği, aynı zamanda çürüğe bağlı dentin yapısındaki boşluklara entegre olarak fiziksel bir güçlendirme sağladığı ve dentin tübüllerine yayılarak dişin mekanik dayanıklılığını artırdığı bildirilmiştir. Araştırmacılar, GDF'nin bu şekilde dentinle fiziksel bir ağ yapısı oluşturmasının, klasik remineralizasyon mekanizmalarından farklı bir etkiyle dişin yapısal direncine katkı sunduğunu vurgulamışlardır.

GDF ve ART, güncel minimal invaziv yaklaşımlar arasında yer almakta olup, bu iki yöntemin etkinliklerinin karşılaştırıldığı çalışmalar literatürde mevcuttur. Erken çocukluk çağı çürüklerinde yılda iki kez uygulanan %38'lik GDF ile ART'nin karşılaştırıldığı bir klinik çalışmada, 2–5 yaş aralığındaki 100 çocuk hasta değerlendirilmiş ve 3., 6., 9. ve 12. aylardaki takiplerde, GDF'nin çürük durdurma etkinliğinin ART'ye kıyasla anlamlı derecede yüksek olduğu bildirilmiştir. Her iki tedavi yöntemi de ebeveynler tarafından kabul görmüştür. [271] Benzer şekilde, 3–8 yaş aralığında 79 çocuk hastanın 237 dişinin incelendiği başka bir klinik çalışmada, 6. ve 12. aylardaki çürük durdurma oranları arasında GDF ve ART arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. [8]

GDF'nin en büyük limitasyonlarından biri, uygulama sonrası dişlerde neden olduğu siyah renklenmedir. Crystal ve ark. [125], GDF tedavisinin özellikle posterior bölgelerde ebeveynler tarafından tercih edildiğini, ancak uygulamanın genel anestezi veya sedasyona alternatif olarak sunulması durumunda, meydana gelen renklenmeye rağmen anterior dişler için bile %70–76 oranında kabul gördüğünü bildirmiştir. Bununla birlikte, tek başına GDF uygulandığında, tamamlanmamış açık kaviteler, özellikle yetersiz ağız hijyenine sahip bireylerde plak birikimi ve çürüğün yeniden aktivasyonu açısından risk oluşturmaktadır.[173,174,177]

Bununla birlikte, her ne kadar GDF uygulaması sonrası birçok çürük lezyonunun durdurulabildiği bildirilmiş olsa da çürüğün kontrolünün ideal şekilde sağlanabilmesi için birden fazla GDF uygulamasına ihtiyaç duyulduğu literatürde açıkça belirtilmiştir.[172] Yapılan bir klinik çalışma sonucunda, uygulama miktarındaki artışın GDF'nin çürük durdurma etkisini belirgin şekilde güçlendirdiği bildirilmiştir.[174] 2016 yılında yayımlanan bir başka çalışmada da Gao ve ark. [75], GDF'nin çürük durdurmadaki etkinliğinde tek uygulama ile ideal sonucun elde edilemediği, uygulama sıklığının bağlantı dayanımını arttığı, özellikle yılda üç uygulamanın başarı sağladığı sonucuna varmışlardır. Bu nedenle, tedavi başarısı hastanın tedaviye birden fazla seans gelebilmesine bağlıdır.

GDF ve ART solüsyonlarının mevcut sınırlılıklarının önüne geçebilmek adına GMART (Gümüş ile Modifiye Atravmatik Restoratif Tedavi) yöntemi geliştirilmiştir. GMART, minimal invaziv yaklaşımlar arasında yer alan ve çürük ilerlemesini durdurarak diş dokusunda remineralizasyonun sürdürülmesini sağlayan, uygulanan

restorasyon ile dişin estetik ve mekanik fonksiyonlarının yeniden kazanılmasına olanak tanıyan ve GDF ve biyoaktif restoratif materyallerin avantajlarını birleştiren getiren bir tekniktir.[170]

GDF, tek başına, kaybedilen sert doku ve fonksiyonu geri kazandıramasa da, uygulama sonrasında yapılan sızdırmaz restorasyonlar fonksiyonun yeniden sağlanmasına katkıda bulunmakta ve mikroorganizmaların besin kaynaklarını ortadan kaldırarak çürüğün ilerlemesini durdurmaktadır.[12] GF solüsyonunun etkinliğinin değerlendirildiği bir in vitro çalışmada, süt dişlerine solüsyonun uygulanmasının ardından yapılan cam iyonomer siman restorasyonunun pulpa üzerindeki etkileri incelenmiştir. Toplam 55 süt dişinin ortalama 16,3 aylık bir gözlem süresi sonunda, dişlerin 50'sinde olumlu pulpa yanıtı saptanmış; bu dişlerde reparatif dentin oluşumu, düzenli odontoblast tabakası ve sağlıklı bağ dokusu özellikleri gözlenmiştir. Gram boyama ile incelendiğinde, restorasyon altında bakteri varlığı görülmemiştir. Ayrıca yapılan analizlerde, gümüş partiküllerinin dentin ve odontoblast tabakasına penetre olduğu rapor edilmiştir. [115]

GMART tekniğinin, etkinliği ve uygulanabilirliği son yıllarda çeşitli klinik çalışmalarla değerlendirilmiştir. Bansal ve ark. [272] tarafından yapılan klinik çalışmada, asemptomatik kavitasyonlu dentin çürüğüne sahip süt azı dişlerinin tedavisinde, GMART yöntemi ve geleneksel yöntemle yapılan tedavilerin başarısı karşılaştırılmıştır. Her iki grupta da CİS restoratif materyal olarak kullanılmış, 24 ay süresince takip edilmiş ve restorasyon başarısı ile kooperasyon güçlüğü olan hastaların tedaviye uyumu değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, 24. ayda GMART ve geleneksel teknikle yapılan CİS restorasyonlarının başarı oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı kaydedilmiştir. Bununla birlikte, GMART tekniği, kooperasyon sıkıntısı yaşanan hastalar tarafından anlamlı derecede daha kabul edilebilir ve daha az ağrılı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, GMART yönteminin geleneksel yöntemlere alternatif olarak değerlendirilebileceği belirtilmiştir.

Bu tez çalışmasındaki temel hedefi, kooperasyon zorluğu yaşanan hastalarda en kısa sürede tedavinin gerçekleştirilebilmesi ve tek seansta tedavinin tamamlanması olup bu amaçla GMART ve ART yöntemleri karşılaştırılırmıştır.

GMART yöntemi, ART tekniğinin bazı sınırlılıklarını gidermek amacıyla geliştirilmiş bir modifikasyon olarak bilindiğinden, son yıllarda GMART ve ART tekniklerini farklı konularda karşılaştıran çalışma sayısında belirgin bir artış gözlemlenmektedir. Aly ve ark. [179] tarafından yapılan çalışmada, GMART ve ART yöntemleri klinik başarı ve maliyet etkinliği açısından karşılaştırılmıştır. Tek yüzeyli oklüzal çürüklerde her iki teknik benzer sağkalım oranları göstermiş ve 12 aylık takipte istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bununla birlikte, GMART uygulaması ortalama 7,8 dakikada tamamlanırken, ART 15 dakikada tamamlanmıştır. Ayrıca GMART yöntemi daha düşük toplam maliyetle gerçekleştirilmiştir. Mohapatra ve ark'nın [273] yapmış oldukları sistematik derleme çalışmasında, GMART, ART veya geleneksel kavite preparasyonu yöntemlerini inceleyen ve birbirleri ile karşılaştıran çalışmalar değerlendirilmiş, çalışma sonucunda üç yöntemin de benzer başarı oranlarına sahip olduğu belirtilmiştir.

GMART yönteminin tek veya iki seansta tamamlanabileceğini belirten çalışmalar bulunmaktadır. Hedge ve ark.[170] tarafından yayınlanan çalışmada, GMART yönteminde çürük lezyonun genişliği, çürüğün etkili bir şekilde durdurulmasının sağlanması ve yüzey mikrosertliğinin bekleme süresi boyunca arttığının düşünülmesi gibi nedenlerden dolayı iki seans halinde uygulanabileceği belirtilmiştir. Sharawat ve ark. [274] tarafından yürütülen randomize kontrollü çalışmada, süt azı dişlerinde tek seans ve iki seanslık GMART protokollerinin başarısı karşılaştırılmıştır. Çalışmaya, 4–9 yaş aralığındaki 150 çocuk dahil edilmiş, %38 GDF uygulamasını takiben CİS ile restorasyon gerçekleştirilmiştir. Tek seans grubunda GDF uygulaması ve restorasyon aynı seansta yapılırken, iki seans grubunda restorasyon, GDF uygulamasından bir hafta sonra tamamlanmıştır. 12 aylık takip sonucu, başarı oranları sırasıyla %68 ve %82,7 olarak bildirilmiş; aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamakla birlikte iki seans grubunda daha yüksek başarı eğilimi gözlenmiştir. Çalışma sonuçları, her iki protokolün de klinik olarak benzer başarı sağladığını ve hasta ihtiyaçlarına göre tercih edilebileceğini ortaya koymuştur. Bu tez çalışmasında GMART yöntemi, kooperasyon güçlüğü yaşayan hastalarda değerlendirme yapılabilmesi için tek seans protokolüyle uygulanmıştır.

GDF solüsyonu piyasada farklı konsantrasyonlarda bulunmakta olup, hangi konsantrasyonun en etkili sonucu vereceğine dair çalışmalar literatürde mevcuttur.

Hong Kong'da okul öncesi 888 çocuk ile yapılan çalışmada, %12 ve %38 GDF konsantrasyonları 6 ayda bir ve yılda bir olmak üzere iki şekilde uygulanmıştır. GDF'nin kavitasyonlu dentin çürüklerini durdurmadaki etkinliğini karşılaştırmak amacıyla yapılan çalışma sonucunda, %38 GDF'nin, %12 GDF'ye göre daha etkili olduğu; 6 ayda bir uygulamanın, yılda bir uygulamaya göre iki konsantrasyonda da daha etkili olduğu sonuçlarına varılmıştır. [174] Çalışmamızda da literatürde en yüksek etkinliğin bildirildiği %38'lik konsantrasyon tercih edilmiştir.

GMART yönteminde kullanılan GDF solüsyonunun günümüzde farklı ticari formları piyasada mevcuttur. Bu solüsyonların temelinde gümüş ve florür iyonları yer almakta olup, genellikle alkali özellikteki çözeltiler içerisinde stabilize edilmektedir. Gümüş partiküllerinin çözünürlük ve etkinliğini koruyabilmesi için taşıyıcı madde olarak rutin biçimde amonyak kullanılmakta, bu sayede solüsyonun hem kimyasal stabilitesi hem de klinik etkinliği artırılmaktadır. Ancak, amonyak içeriğinin neden olduğu belirgin kötü koku, özellikle pediatrik hastalar ve hassas bireylerde uygulama konforunu olumsuz etkileyebilmektedir. Bu dezavantajın giderilmesi amacıyla, son yıllarda amonyak içermeyen Gümüş Florür (GF) formülasyonları geliştirilmiştir.[115] GF ve GDF solüsyonlarının etkinliğini kıyaslayan bir in vitro çalışmada, çürük dentin örnekleri üzerinden iyon penetrasyonu karşılaştırılmıştır. GDF'nin dentin dokusuna daha derin ve yoğun biçimde penetre olduğu sonucuna ulaşılmış, GF'nin iyon penetrasyonunun ise benzer olmakla birlikte, GDF'ye göre daha az olduğu kaydedilmiştir. İki solüsyonda da gümüş iyonlarının dentin tübülleri boyunca ilerleyerek, enfekte dentinden sağlıklı dentin tabakasına kadar ulaşabildiği gözlemlenmiştir. Bu özellik, solüsyonların yalnızca yüzeyde değil, derin dokularda da antibakteriyel etki göstermesini ve dolayısıyla çürük ilerlemesinin daha etkili şekilde durdurulmasını mümkün kılmaktadır. [275] Çalışmamızda amonyak içeriğinin dezavantajlarını ortadan kaldırmak ve hastalar tarafından en kabul edilebilir yöntemi değerlendirmek amacıyla GF solüsyonu kullanılmıştır.

Yöntemde kullanılan GDF solüsyonunun meydana getirdiği renklenmenin önüne geçmek için ve fazla iyonize gümüşü uzaklaştırmak amacıyla GDF sonrası KI uygulaması önerilmiştir.[116,126] KI solüsyonunun, GDF'nin bağlantı dayanımı ve antimikrobiyal aktivitesi üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği in vivo ve in vitro çalışmalar yapılmış olmakla birlikte, elde edilen sonuçlar çelişkilidir. Cohen ve

ark.[276], GDF uygulama protokollerinin yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın bağlantı dayanımı üzerindeki etkisini incelemiş, farklı GDF uygulama protokollerinin YVCİS ile bağlantı dayanımı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark göstermediğini rapor etmişlerdir. Bununla birlikte, KI kullanılmadan uygulanan GDF, GDF+KI kombinasyonuna göre daha yüksek bağlanma dayanımı sağlamıştır. GDF'nin sekonder çürükler üzerindeki etkinliğini değerlendiren klinik bir çalışma sonucunda, GDF+KI çözeltisinin cam iyonomer siman restorasyonlarının çevresinde sekonder çürük oluşumunu önleyebildiği, ancak bu etkinliğin yalnızca GDF uygulanan örneklere kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda bu durum, KI solüsyonunun serbest gümüş miktarını azaltması ile açıklanmıştır. [126] Bu çalışmaların aksine 2019 yılında yapılan bir in vitro çalışmada, GDF+KI solüsyonunun antibakteriyel özellikler, bağlantı dayanımı ve mikrosızıntı üzerindeki etkileri değerlendirilerek klorheksidin ile kıyaslandığı çalışmada, en yüksek bağlantı dayanım değerleri GDF+KI solüsyonunda elde edilmiştir. [277] Wang ve ark.[278] ve Knight ve ark.[279] tarafından yürütülen iki in vitro çalışmada da benzer şekilde, GDF + KI kombinasyonunun dentin üzerindeki etkileri değerlendirilmiş, her iki çalışmada da GDF'nin KI ile veya tek başına uygulanmasının, uygulamadan sonra dentin yüzeyi yeterince yıkanıp kurutulduğu sürece, cam iyonomer simanla dentin yüzeyi arasındaki bağlantı dayanımının etkilenmediği sonucuna varılmıştır. Ancak bu iki çalışmada örneklem sayıları oldukça düşüktür. Bu tür küçük örneklemlerin, elde edilen bulguların genellenebilirliğini sınırlayarak istatistiksel güvenilirliği azalttığı vurgulanmıştır. [280] Çalışmamızda, tedavi uygulanacak hasta grubunun kooperasyon zorluğu nedeniyle minimum tedavi süresi, uygulama kolaylığı ve en az aşama ile tedavinin tamamlanması hedeflendiğinden, GDF uygulaması sonrası KI solüsyonunun uygulanmamasına karar verilmiştir.

ART ve GMART yönteminde kullanılacak restoratif materyallerden beklenen özellikler arasında, minimal kavite düzenlemesi gerektirmesi veya hiç gerektirmemesi, dişin sağlam yapısının mümkün olduğunca korunması, yeterli dayanıklılığa ve aşınma direncine sahip olması, diş dokusuna yeterli düzeyde adezyon sağlaması ve kolay uygulanabilir olması yer almaktadır [281]. Tüm bunların yanında GMART yönteminde, tedaviden başarılı sonuç elde edebilmek için kullanılacak restoratif materyalin, GDF'nin remineralize edici etkisini arttırabilmesi de beklenmektedir [12]. Çocuk hastalarda ve özel gereksinimli bireylerde kullanılacak restoratif materyallerin, süt

dişlerinin kendine özgü morfolojik ve yapısal farklılıkları, hastaların kooperasyon düzeylerindeki değişkenlik ve izolasyonun sağlanmasındaki güçlükler nedeniyle belirli özellikleri karşılayabilmesi de gerekmektedir. Bu amaçla sıklıkla kullanılan cam iyonomer simanlar, florür salabilme, mine ve dentine kimyasal bağlanabilme, biyouyumluluk ve neme karşı adeziv materyallere göre daha az duyarlı olması avantajlarıyla çocuk diş hekimliğinde etkili bir alternatif olarak öne çıkmaktadır [282]. Literatürde, cam iyonomerlerin in vitro ve klinik ortamlardaki performansını değerlendiren çok sayıda çalışma yapılmıştır. Yapılan bir in vitro çalışmada, farklı cam iyonomer türlerinin, sağlam ve çürükten etkilenmiş süt dişlerine olan bağlantı dayanımları farklı zaman dilimlerinde karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, cam iyonomerlerin zaman içerisinde bağlanma stabilitesini koruyabilmesiyle süt dişlerinde klinik olarak uygulanabilir ve güvenilir bir restoratif materyal olduğu bildirilmiştir [283]. Hershkovitz ve ark'nın [284] çalışmasında, süt ve daimi dişlere uygulanan üç farklı cam iyonomer simanın mikrosertlik ve flor salınımı açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışma sonucunda, cam iyonomerlerin uzun dönemde mekanik stabilite ve florür salınımına bağlı çürük önleyici etkinlik açısından da klinik açıdan avantajlı özellikler sunduğunu belirtilmiştir. Cenci ve ark.[94] ise mikrobiyolojik ortamda gerçekleştirdikleri in vitro çalışmada, restorasyon kenarlarında mikrosızıntı olduğunda mine ve dentinde demineralizasyonun arttığını, ancak cam iyonomerlerin sürekli florür salınımı sayesinde bu olumsuz etkinin önemli ölçüde azaldığı rapor edilmiş ve materyalin sekonder çürüğe karşı koruyucu etkisi vurgulanmıştır. Cam iyonomer ve siloran esaslı kompozit materyallerin klinik başarısını değerlendiren bir çalışmada, siloran esaslı kompozit grubunda %88,9, cam iyonomerde ise %75'lik sağkalım oranı elde edilmiştir. 24 aylık klinik takip sonrası gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamakla birlikte, çürükten etkilenmiş dentin üzerinde uygulanan cam iyonomer siman ve siloran esaslı kompozit restorasyonlarının benzer sağkalım oranları sergilediği bildirilmiştir. Çalışma sonucunda, cam iyonomerlerin kabul edilebilir düzeyde klinik performans sunduğu belirtilmiştir [270].

Geleneksel cam iyonomer simanların düşük basınç dayanımı ve düşük aşınma direnci kısıtlılıklarının önüne geçmek ve oklüzal bölgelerdeki çiğneme kuvvetlerine karşı daha yüksek direnç sağlanabilmesi için YVCİS üretilmiştir. Bu materyaller, daha yoğun toz likit oranına sahip olmaları sayesinde artırılmış basma dayanımı, daha düşük çözünürlük ve daha iyi aşınma direnci göstermektedir [198]. YVCİS'in klinik

özelliklerinin, kompozit ve farklı doldurucu içerikli CİS ile karşılaştırıldığı 3 yıl takipli klinik bir çalışmada restorasyonlar; estetik uyum, marjinal adaptasyon, marjinal renklenme, sekonder çürük oluşumu ve aşınma direnci açısından hem klinik olarak hem de modeller üzerinden incelenmiştir. Çalışma sonucunda, YVCİS'in diş dokusu ile renk uyumunun zamanla iyileştiği, marjinal bütünlüğün ise her üç materyalde de büyük ölçüde korunduğu gösterilmiştir [285]. Yapılan bir in vivo çalışmada, YVCİS ile restore edilen kavitelerde cam iyonomerin yalnızca dolgu görevi görmediği, aynı zamanda iyon salınımı ile biyolojik bir etki ortaya koyduğu gösterilmiştir. SEM analizleri, florür ve stronsiyum iyonlarının demineralize dentine penetre olarak remineralizasyonu başlattığını ortaya koymuş, özellikle stronsiyumun kalsiyuma benzerliği sayesinde hidroksiapatit yapısına entegre olabildiği ve bu etkinin etkilenmiş dentin tabakasında belirginleştiği vurgulanmıştır [230].

Cam iyonomerlerin adeziv özelliklerin güçlendirilmesi ve polimerizasyon sonrası erken dönemdeki nem hassasiyetinin azaltılması amacıyla RMCİS geliştirilmiştir. Bu materyaller, poliasit cam reaksiyonuna ek olarak rezin bazlı monomerlerin ışıkla polimerizasyonunu da içerdiğinden, daha yüksek erken dönem bağlantı dayanımı, daha hızlı sertleşme, estetik açıdan daha iyi özellikler gibi avantajlar sunmaktadır. [198] Yapılan bir vitro çalışmada Fuji IX GP, Fuji II LC ve Compoglass materyalleri süt dişlerinde mikrogerilim bağlantı dayanımı ve mikrosızıntı açısından karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, Fuji II LC örneklerinin büyük çoğunluğunda mikrosızıntı gözlenmezken, kompomer yüksek bağlanma dayanımına rağmen polimerizasyon büzülmesine bağlı olarak daha fazla mikrosızıntı gösterdiğini ortaya koymuş, çalışma sonucunda Fuji II LC ve YVCİS'in, uygun koşullarda kabul edilebilir bağlantı dayanımı ve ideal mikrozısıntı özellikleri sunduğu ve süt dişi restorasyonlarında tercih edilebilecek materyaller olduğu vurgulanmıştır.[286] RMCİS ve GCİS'in karşılaştırıldığı bir in vitro çalışmada, materyallerin dentine adezyon özellikleri ile mekanik dayanıklılıkları değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, RMCİS'in dentine bağlanma dayanımının (12 ± 3 MPa) konvansiyonel cam iyonomere kıyasla (4 ± 2 MPa) anlamlı derecede yüksek olduğu ortaya koyulmuştur. Termal siklus sonrasında da RMCİS'in dentine olan bağlanmasının stabilitesini koruduğu ve uzun dönem adezyon açısından güvenilir olduğu görülmüştür. Mekanik özellikler açısından değerlendirildiğinde ise, RMCİS'in basma ve çekme dayanımlarının hem polimerizasyon sonrası hem de uzun süreli su depolama koşullarında değişmeden kaldığı, dolayısıyla materyalin ağız ortamını taklit

eden koşullarda bile dayanıklılığını sürdürdüğü rapor edilmiştir. Bu sonuçlar, RMCİS'in GCİS'in sınırlılıklarını giderecek şekilde geliştirilmiş özelliklere sahip olduğu vurgulanmıştır.[287] Bu özelliklerinin yanında RMCİS'in belirli ölçüde iyon salınımı yaptığı da yapılan çalışmalarla gösterilmiştir. Güncel biyoaktif kompozit materyal ile RMCİS'in iyon salınımlarının karşılaştırıldığı in vitro çalışmada, biyoaktif kompozit materyalin ve Fuji II LC materyallerinin kalsiyum salınımları Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS) ile ölçülmüştür. Çalışmada, RMCİS'in 21 günlük değerlendirme boyunca sabit şekilde iyon salınımını devam ettirdiği belirtilmiştir.[288]

Konvansiyonel cam iyonomerlerin mekanik zayıflıklarını ve uzun dönem sınırlılıklarını aşmak amacıyla geliştirilen alkasit restoratif materyal olarak da bilinen Cention, florür ve kalsiyum iyonu salabilen, asidik ortamlarda alkalileştirme kapasitesi yüksek ve dayanıklılığı artırılmış biyoaktif bir restoratif materyal olarak bilinmektedir[216]. Yapılan çalışmalar incelendiğinde bir in vitro çalışmada, Cention N'nin (ışıkla ve kendi kendine polimerize formları) yüzey pürüzlülüğü, eğilme dayanımı ve mikrogerilim bağlanma dayanımı özellikleri; farklı cam iyonomer türleri (YVCİS, RMCİS), kompomer ve kompozit rezin ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, kendi kendine polimerize olan Cention N'in en yüksek eğilme dayanımı ve en düşük yüzey pürüzlülüğü gösterdiği belirtilmiştir.[289] Birant ve ark.'nın [290] yaptığı in vitro çalışmada, farklı biyoaktif restoratif materyallerin termal yaşlandırma öncesi ve sonrası yüzey mikrosertlikleri ile florür salınımları değerlendirilmiştir. Çalışmada Cention N, farklı biyoaktif restoratif materyaller incelenmiş; Vickers mikrosertlik testi ile mekanik dayanıklılık, SEM/EDS analizleri ile yüzey özellikleri ve elementel dağılım analiz edilmiştir. Sonuçlara göre, termal döngü öncesinde en yüksek mikrosertlik değerinin Cention N grubunda elde edilmesi, bu materyalin mekanik dayanıklılık açısından diğer biyoaktif materyallere kıyasla üstün performans göstermesi ile açıklanmıştır. Bununla birlikte florür iyon salınımı değerlendirildiğinde, Cention N'in restorasyon sonrası belirli düzeyle flor salınımı yaptığı belirtilmiştir. Bu bulgular, Cention N'in kompozit esaslı yapısı sayesinde yüksek mikrosertlik ve yapısal stabilite sağladığını vurgulamaktadır. Yapılan bir in vitro çalışmada, Sınıf V restorasyonlarda kullanılabilecek nanohibrit kompozit, RMCİS ve Cention N'in eğilme dayanım özellikleri karşılaştırılmıştır. Üç nokta eğilme testi ile elde edilen bulgulara göre, her üç materyalin de ISO 4049 standardına göre Class V restorasyonlarda gerekli minimum 50 MPa eğilme dayanım

eşiğini karşıladığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar, söz konusu materyallerin klinik açıdan kullanılabilirliğini desteklemekte; özellikle Cention N'in, mekanik dayanıklılığının yanı sıra biyolojik avantajlarıyla alternatif bir seçenek olabileceğini ortaya koymaktadır.[214] Adsul ve ark.'nın[291] yapmış oldukları in vitro çalışmada, Cention N ve iki farklı biyoaktif materyalin bükülme dayanımı ve mikrosertlik özellikleri yapay tükürük ortamında değerlendirilmiştir. Çalışmada, her materyalden hazırlanan standart boyutlardaki numuneler 24 saatlik bekleme süresinin ardından test edilmiş ve daha sonra 28 gün boyunca yapay tükürükte (pH 5, 37 °C) bekletilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, Cention N her iki zaman noktasında da diğer materyallere kıyasla anlamlı derecede daha yüksek bükülme dayanımı ve mikrosertlik değerleri göstermiştir. Çalışma sonucunda, Cention N'in klinik açıdan avantajlı bir seçenek sunduğu ve diğer materyallin mekanik sınırlılıklarının aşılabildiği belirtilmiştir.

Cention materyalinin klinik başarısını değerlendiren çalışmalar da literatürde mevcuttur. Bodur ve ark.'nın [292] gerçekleştirdiği klinik çalışmada cam hibrit materyal, RMCİS, çinko ile güçlendirilmiş YVCİS ve Cention N materyalleri 5-9 yaş arası çocuklarda sınıf II proksimal kavitelere uygulanmış ve 12 aylık takip sonucunda klinik etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Restoratif materyallerin performansı; retansiyon, marjinal adaptasyon, marjinal renklenme, renk stabilitesi, anatomik form, sekonder çürük oluşumu ve postoperatif hassasiyet parametreleri üzerinden değerlendirilmiştir. Klinik muayeneler 1., 3., 6. ve 12. aylarda yapılmış ve tüm materyallerin sekonder çürük oluşumu ile postoperatif hassasiyet açısından başarılı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca renklenme, marjinal adaptasyon ve anatomik form açısından gruplar arasında yalnızca sınırlı farklılıklar saptanmıştır. On iki aylık değerlendirmede Fuji II LC grubunda retansiyon kaybı en düşük bulunarak istatistiksel olarak en yüksek başarıya ulaşılmış; Cention N, YVCİS ve RMCİS gruplarının ise kabul edilebilir düzeyde klinik performans gösterdiği belirlenmiştir. Bu bulgular, söz konusu materyallerin klinik koşullar altında güvenle kullanılabilecek restoratif seçenekler arasında yer aldığını ortaya koymaktadır. Benzer şekilde 5–8 yaş aralığındaki çocuklarda yapılan diğer bir klinik çalışmada, süt dişlerinde Cention N ve GCİS ile Sınıf II proksimal kaviteler restore edilmiştir. Restorasyonlar, tamamlandıktan sonra; 3., 6. ve 9. aylarda renk uyumu, renk stabilitesi, marjinal adaptasyon, marjinal renklenme, anatomik form, yüzey pürüzlülüğü, kırık oluşumu ve sekonder çürük gelişimi yönünden değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, başlangıçta ve üçüncü ayda Cention

N'in renk uyumu ve stabilitesi GCİS'e kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede üstün bulunmuştur. Diğer tüm parametrelerde ise iki materyal arasında anlamlı farklılık gözlenmemiş ve her iki grup da 9 aya kadar kabul edilebilir klinik performans sergilemiştir. Ayrıca hiçbir grupta sekonder çürük gelişimi saptanmamıştır. [293]

İlk olarak toz-likit formunda geliştirilen Cention N'in ardından kapsül formunda Cention ve Cention Forte piyasaya sunulmuştur. Cention N'in mekanik tutuculuğun sağlanamadığı kavitelerde adeziv sistem ile kullanılması önerilirken, Cention Forte'un tüm kavitelerde üretici tarafından sunulan özel primer ile uygulanması tavsiye edilmektedir [215]. Primer kullanımının bağlantı dayanımı üzerindeki etkilerini inceleyen bir in vitro çalışmada, biyoaktif restoratif materyallerin dentine bağlanma performansı değerlendirilmiş ve özellikle Cention Forte'nin primer kullanılan ve kullanılmayan formlarının bağlantı dayanımına etkileri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan daimi azı dişlerinin yarısı 24 saat distile suda, diğer yarısı ise 6 ay yapay tükürükte bekletildikten sonra mikromakaslama bağlanma dayanımı testine tabi tutulmuş, ayrıca SEM ile restoratif materyal dentin ara yüz morfolojisi analiz edilmiştir. Bulgular, primer kullanılan Cention Forte'nin hem kısa hem uzun dönem değerlendirmelerinde en yüksek bağlanma dayanımını sağladığını, SEM analizlerinde ise sürekli ara yüz yapısının hibrid benzeri tabaka oluşumu ile desteklendiğini göstermiştir. Buna karşılık, primer kullanılmayan Cention Forte'nin tüm gruplar içinde en düşük bağlanma değerlerine sahip olduğu, hibrid tabaka eksikliği ve belirgin boşluklarla karakterize olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, Cention Forte'nin primer ile kullanılması dentine güçlü ve dayanıklı bir bağ sağladığı ve bağlanma başarısı için ön işlem uygulamasının kritik olduğu belirtilmiştir. [294] Çalışmamızda da bu bulgu ile paralel olarak Cention Forte materyali primeri ile kullanılmıştır.

Restoratif materyaller ticari olarak farklı formlarda piyasada bulunmaktadır. Materyallerin, kapsül formu ile toz-likit formunun restorasyonun başarısı üzerindeki etkisini değerlendiren bir klinik çalışmada, 3–6 yaş aralığındaki 60 çocuk hastanın toplam 132 dişine YVCİS ile ART uygulanmıştır. On iki aylık takip sonunda her iki formun da benzer başarı oranları gösterdiği bildirilmiş; ancak kapsül formundaki CİS restorasyonların başarısı %86,5 iken, el ile karıştırılan toz-likit formundaki CİS restorasyonların başarısı %79,4 olarak bulunmuştur. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamakla birlikte, toz likit materyallerde görülebilecek oranlama

hatalarının, restorasyonun fiziksel özelliklerini ve klinik performansını olumsuz etkileyebileceği sonucuna varılmıştır. [165] Çalışmamızda, uygulamaya bağlı değişkenliği azaltmak ve restorasyonların daha kısa sürede tamamlanmasını sağlamak amacıyla, restoratif materyallerin kapsül formu tercih edilmiştir.

Dişlerin çekilmesini takiben dentinde meydana gelen yapısal ve biyolojik değişimlerin, bağlanma dayanımı değerleri üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Literatürde, bağlanma dayanımının ölçülmesi için en uygun zamanın çekimden hemen sonraki dönem olduğu belirtilse de bu durum klinik ve laboratuvar koşullarında her zaman uygulanabilir olmamaktadır. Mevcut veriler, dentindeki belirgin değişimlerin çekimden sonraki ilk günler veya haftalar içerisinde ortaya çıktığını göstermektedir. Bu nedenle, dişlerin çekim sonrası en az 1 ay ve en fazla 6 ay süreyle saklanmasının uygun olduğu bildirilmiştir [295]. Bu çalışmada da çekilmiş çürük süt azı dişleri, çekim sonrası en fazla 6 ay süreyle muhafaza edilmiştir.

Çekilmiş dişlerin saklandıkları solüsyonun türü ve bu solüsyonda bekletilme süresi, bağlanma dayanımı testlerinden elde edilen sonuçlar üzerinde belirleyici olabilmektedir. Nötral pH özellikleri nedeniyle serum fizyolojik ve distile su, diş muhafazasında en sık tercih edilen saklama ortamları olarak bildirilmektedir. Çalışmamızda, çekim sonrası dişlerin yüzeyinde bulunan yumuşak doku kalıntıları el aletleri yardımıyla uzaklaştırılmış, ardından dişler yıkandıktan sonra %0,1 timol solüsyonunda muhafaza edilmiştir. Kullanılan solüsyon, iki haftada bir düzenli olarak yenilenmiştir. Yapılan bir in vitro araştırmada, timol solüsyonunda saklanan dişlerde depolama süresinin bağlantı dayanımı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Formalin gibi güçlü fiksatiflerin aksine, timol dentin yapısında belirgin değişikliklere yol açmadan örneklerin korunmasına olanak sağlamakta ve bu özelliğiyle, restoratif materyallerin adeziv özelliklerinin değerlendirileceği çalışmalarda fizyolojik koşulların daha iyi yansıtılmasına katkı sunmaktadır. Ayrıca, sahip olduğu antibakteriyel özellik sayesinde dişlerin kontaminasyondan korunmasını da sağladığı vurgulanmıştır. [296]

Restorasyonlar tamamlandıktan sonra bağlanma dayanımı testlerinin uygulanma zamanı, çalışma sonuçlarının güvenilirliği açısından önemli bir faktördür. Uygulamadan hemen sonra ya da yalnızca birkaç dakikalık kısa sürelerin ardından yapılan ölçümler, adeziv sistemlerin polimerizasyonunun ve cam iyonomerlerin asit–

baz reaksiyonunun tamamlanmamış olması nedeniyle gerçek bağlanma kapasitesini yansıtmadığı, bu nedenle yanıltıcı şekilde düşük değerler ortaya koyabileceği bildirilmiştir [295]. Çeşitli inceleme ve kılavuz kaynaklarında 24 saat asgari "erken" ölçüm süresi olarak belirtilmekle birlikte, birçok çalışmada kısa dönem olgunlaşmanın tamamlanmasını sağlamak amacıyla 48 saatlik su depolama süresi tercih edilmektedir. [113,297,298] Çalışmamızda da örnekler, restorasyon tamamlandıktan sonra 37 °C'de distile suda 48 saat bekletilmiş ve ardından test işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamızda dentin üzerinde yapay çürük oluşturmak amacıyla pH döngüsü yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, mineral dengesinin kontrollü biçimde değiştirilmesine olanak sağlayarak remineralizasyon kapasitesinin test edilmesine imkân tanımaktadır. Elde edilen dentin lezyonlarının doğal çürüklerle benzer özellikler taşımasının sağlandığı, aynı zamanda kullanılan restoratif materyallerin etkilerinin güvenilir bir şekilde değerlendirilebilmesine katkı sağlandığı belirtilmektedir. Tüm bu yönleriyle pH döngüsü, özellikle florür salan ya da biyoaktif özellik gösteren materyallerin değerlendirilmesinde ideal bir in vitro model olabileceği bildirilmiştir [299]. Bu yöntemin geçerliliği ve etkinliği, literatürde birçok çalışma ile desteklenmektedir [283,300,301]. Simões ve ark. [302], pH döngüsü yöntemi ile oluşturulan dentin lezyonlarının yapısal ve kimyasal karakterizasyonunu SEM ve EDS analizleri ile değerlendirmiş ve bu lezyonların, doğal dentin çürüğüne morfolojik olarak yüksek benzerlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Yöntemin hem mineral kaybı düzeyinde hem de kolajen matriks yapısında doğal çürüğü taklit edebildiğini göstermiştir. Benzer şekilde, Buzalaf ve ark. [299], pH-siklusu modellerinin flor içerikli materyallerin remineralizasyon etkinliğini değerlendirmede bilimsel geçerliliği yüksek bir yöntem olduğunu vurgulamış; bu modelin hem demineralizasyon hem de remineralizasyon süreçlerini taklit edebilme kapasitesi sayesinde laboratuvar ortamında klinik şartlara yakın koşullar sağlayabildiğini belirtmişlerdir.

Çalışmalarda restoratif materyallerin uzun dönem başarısını değerlendirmek amacıyla farklı yaşlandırma yöntemleri uygulanmaktadır. En yaygın kullanılan yaşlandırma protokolleri arasında distile suda bekletme, termal döngü ve mekanik yükleme yer almaktadır. Bu yöntemler, restoratif materyallerin ağız ortamında karşılaşabileceği fiziksel ve kimyasal değişimleri laboratuvar ortamında taklit etmeyi amaçlamaktadır.

[303] Distile suda bekletme, özellikle hidrolize bağlı bağlantı ara yüzeyinde meydana gelebilecek bozulmaları değerlendirmek için tercih edilirken; termal döngü uygulamaları, ağız içi sıcaklık değişimlerinin restorasyon-dentin arayüzü üzerindeki etkilerini incelemeye olanak sağlar. Mei ve ark'nın [253] çalışmasında, restorasyonların sekonder çürüğe karşı direncini değerlendirmek amacıyla numuneler 10 ± 5 °C ile 55 ± 5 °C sıcaklıklar arasında 500 döngü boyunca, her banyoda 32 saniye bekletilerek ve geçiş süresi 14 saniye olacak şekilde termal siklusa tabi tutulmuştur. Çalışmada bu uygulamanın, restorasyonun maruz kalabileceği termal genleşme ve büzülme kuvvetlerine benzer kuvvetleri taklit ederek, bağlanma bölgesinde oluşabilecek mikroçatlak, mikrosızıntı ya da adeziv başarısızlık gibi bozulmaları değerlendirmek açısından öneminden bahsedilmiştir. Termal yaşlandırmanın bu yönüyle in vitro koşullarda materyal performansını değerlendirmede yüksek klinik geçerlilik sağladığı belirtilmiştir. Bu tez çalışmasında da restoratif materyallerin dentinle olan bağlanma dayanımlarının belirli bir süre zarfındaki başarısını etkili şekilde değerlendirebilmek adına termal döngü yöntemi ile yaşlandırma protokolü uygulanmıştır.

Diş sert dokularına uygulanan restoratif materyallerin uzun dönem klinik başarısını değerlendirebilmek için farklı bağlanma dayanımı test yöntemleri geliştirilmiştir. Bu testler arasında makaslama, mikrogerilim gibi mekanik yöntemler öne çıkmaktadır.[246] Her bir testin kendine özgü avantaj ve sınırlılıkları mevcuttur. Mikrogerilim testleri daha homojen gerilim dağılımı sağlasa da numune hazırlığının zorluğu, test sırasında erken kırılmaların görülmesi ve istatistiksel çeşitliliğin yüksekliği gibi dezavantajlar taşımaktadır.[245] Buna karşın, makaslama bağlantı dayanım testi, uygulama kolaylığı, daha az numune kaybı, tekrarlanabilirlik ve standartlaştırılabilirliği nedeniyle in vitro çalışmalarında yaygın olarak tercih edilmektedir.[244] Ayrıca bu test, restoratif materyalin dentin yüzeyine olan bağlanma kapasitesini değerlendirmek açısından pratik ve klinik koşulları taklit edebilen bir yöntem sunmaktadır.[242] Bu çalışmada, süt dişlerinde farklı restoratif materyallerin dentine bağlanma etkinliğini karşılaştırmalı olarak değerlendirebilmek amacıyla makaslama bağlantı dayanım testi kullanılmıştır. Söz konusu testin seçilmesinde, bağlanma bölgesine uygulanan kuvvetlerin, oral kavite içerisindeki yatay kuvvetleri taklit etme potansiyeli etkili olmuştur [241].

Sağlam dentine uygulanan farklı cam iyonomer siman türlerinin bağlantı dayanımını değerlendiren çalışmalar incelendiğinde, Calvo ve ark.'nın [283] yapmış olduğu çalışmada süt azı dişlerinde farklı materyallerin mikrogerilim bağlantı dayanımları karşılaştırılmıştır. Restorasyon uygulandıktan 24 saat sonra ölçümler yapılmış olup, sağlam dentin yüzeyinde en düşük mikrogerilim bağlanma dayanımı değeri YVCİS (Ketac Molar Easy Mix) grubunda (18,8±2,7 MPa) ölçülmüş, bunu RMCİS (Vitremer) (29,2±7,8 MPa) ve nanopartiküllü RMCİS (Ketac Nano) (35,3±9,4 MPa) izlemiştir. Üç materyal arasında bağlantı dayanımı değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu kaydedilmiştir. Daimi azı dişlerinde farklı restoratif materyallerin makaslama bağlantı dayanımlarını inceleyen bir çalışmada da benzer şekilde sağlam dentin yüzeyine uygulanan RMCİS (Fuji II LC) (9,71±1,85 MPa) materyalinin bağlantı dayanım değerinin, YVCİS (Fuji IX) (3,81±1,65 MPa)'e göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu belirtilmiştir.[304] Daimi dişlerde yapılan bir başka in vitro çalışmada da aynı şekilde Fuji IX materyalinin sağlam dentin yüzeyine makaslama bağlantı dayanım değeri (1.94±0.96 MPa) Fuji II LC materyaline göre (5,72±2,82 MPa) anlamlı derecede düşük bulunmuştur. [305] Bununla birlikte, literatürde tam tersi yönde bulgular rapor eden çalışmalar da mevcuttur. Çalışmamızla benzer ticari formda materyallerin ve benzer test yöntemlerinin kullanıldığı bir başka in vitro çalışmanın sonucunda, farklı restoratif materyallerin süt dişlerinde sağlam dentine olan makaslama bağlantı dayanımları karşılaştırılmış ve RMCİS'in YVCİS'e kıyasla daha düşük bağlantı dayanımı gösterdiği rapor edilmiştir.[306] Çalışmamızda da benzer şekilde YVCİS bağlantı dayanım değerinin (5,28 ± 2,47 MPa) istatistiksel olarak anlamlı olmasa da RMCİS'e göre yüksek olduğu (4,95±2,95MPa) kaydedilmiştir. Diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, çalışmamızda elde edilen farklı sonuçların; kullanılan materyallerin farklı ticari formlarda olması, daimi dişlerin kullanılması ile yapısal özelliklerindeki farklılıkların rezin içerikli materyallerle daha güçlü bağlanmaya olanak sağlaması ve bağlantı dayanımının farklı test yöntemleriyle değerlendirilmesi gibi etkenlere bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Farklı biyoaktif materyallerin sağlam dentin yüzeyindeki bağlantı dayanımlarını değerlendiren çalışmalar incelendiğinde, Sulimany ve ark. [307] yapmış oldukları çalışmada, farklı biyoaktif restoratif materyallerin, çürüksüz süt azı dişlerinin sağlam dentin yüzeyine olan makaslama bağlantı dayanımını karşılaştırmıştır. Restoratif materyal olarak Cention N, RMCİS ve GCİS kullanılmıştır. En yüksek bağlantı

dayanım değerini, Cention N (10,84 ± 1,96 MPa) göstermiş, bunu RMCİS (10,64±1,74 MPa) ve GCİS (6,09±1,75 MPa) takip etmiştir. Cention N ve RMCİS grupları arasında istatistiksel anlamda fark bulunmamıştır. Ayrıca her iki materyalin geleneksel CİS'e göre anlamlı derecede yüksek bağlanma dayanımı gösterdiği belirlenmiştir. Başka bir in vitro çalışmada, RMCİS (Fuji II LC), zirkon ile güçlendirilmiş cam iyonomer (Zirconomer) ve Cention N'in süt dişi sağlam dentin yüzeyine olan bağlantı dayanımları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak en yüksek bağlantı dayanımı Cention N (9,89±1,23 MPa)'den elde edilmiş, bunu RMCİS (5,15±1,22 MPa) takip etmiştir. Aralarındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir.[308] Yapılan farklı çalışmalarda da Cention N'in RMCİS veya YVCİS'e göre daha yüksek bağlantı dayanım değeri gösterdiği bildirilmiştir.[289,309] Çalışmamızda materyallerin sağlam dentin yüzeylerine bağlantı dayanımları karşılaştırıldığında, en yüksek değerin Cention Forte'a ait olduğu (16,37 ± 7,49 MPa) bunu Fuji IX (5,28±2,47 MPa) ve Fuji II LC (4,95±2,95 MPa) materyallerinin takip ettiği kaydedilmiştir. YVCİS materyalinin Cention'a göre anlamlı derecede düşük bağlantı dayanım değeri göstermesi Sulimany ve ark'nın çalışma sonucu ile benzerlik göstermektedir. Çalışmamızda, Cention'un Fuji II LC materyalline kıyasla anlamlı derecede daha yüksek bağlantı dayanımı sergilediği belirlenmiş olup, değerlendirilen diğer çalışmalarda ise RMCİS ve Cention Forte materyalleri arasındaki bağlantı dayanım farkının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir. Ortaya çıkan farklılığın, kullanılan materyal formlarındaki değişkenlikten (kapsül formu ile toz-likit formu arasındaki fark) ve önceki çalışmalarda Cention uygulaması öncesinde herhangi bir yüzey ön hazırlığı yapılmamış olmasına karşın, çalışmamızda Cention'un kendi primeri ile uygulanmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca çalışmamızda kullanılan kapsül formundaki Cention Forte, önceden ayarlanmış toz-likit oranı sayesinde karıştırma hatalarını ortadan kaldırarak daha homojen bir karışım elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu özelliğin, materyalin mekanik dayanıklılığını ve dolayısıyla klinik başarısını artırabileceği bildirilmektedir. [216]

Yapılan birçok çalışmada, sağlam dentin yüzeylerinde elde edilen bağlantı dayanımının, yapay çürüklü dentin yüzeylerinden daha yüksek olduğu gösterilmiştir [113,283,300,310]. Yapılan bir in vitro çalışma sonucunda, bu farklılığın sağlam dentinin yapısal bütünlüğü sayesinde cam iyonomer ile daha kararlı ve güçlü bir bağlanma yüzeyi sunmasından kaynaklandığı, buna bağlı olarak restoratif materyalle daha

yüksek bağlantı dayanımı sağladığı; buna karşılık yapay çürüklü dentinde mineral kaybı, artmış organik içerik ve bozulmuş kolajen yapısı nedeniyle bağlanmanın zayıflaması ve bağlantı dayanım değerlerinin daha düşük olması ile açıklanmıştır [311]. Çalışmamızda, literatürle benzer olarak Cention Forte materyalinin sağlam dentinde, yapay çürüklü dentine kıyasla daha yüksek makaslama bağlantı dayanımı gösterdiği belirlenmiş; RMCİS ve YVCİS'in ise yapay çürüklü dentinde daha yüksek değer verdiği, ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı kaydedilmiştir. Benzer şekilde, yapay çürüklü dentin yüzeyinde materyallerin bağlantı dayanımlarını inceleyen bazı çalışmalarda, RMCİS grubunun yapay çürüklü dentin yüzeyinde bağlantı dayanımı sağlam dentine göre yüksek bulunmuş, bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir.[283,301]

Farklı materyallerin çürükten etkilenmiş dentin yüzeyine bağlantı dayanımlarını karşılaştıran bir çalışmada, çekilmiş süt ikinci azı dişlerine uygulanan RMCİS, YVCİS ve nanopartiküllü CİS'in değerleri karşılaştırılmıştır. Çürükten etkilenmiş dentin yüzeyinde yapılan mikrogerilim bağlantı dayanımı testinde değerler yüksekten düşüğe doğru; nanopartiküllü RMCİS (35,9 ± 6,7 MPa), RMCİS (24,9 ± 5,7 MPa) ve YVCİS (14,5 ± 0,8 MPa) olarak rapor edilmiş ve değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu görülmüştür [283]. Benzer şekilde, Palma ve ark. [312] tarafından yapılan bir başka çalışmada da RMCİS'in çürükten etkilenmiş daimi diş dentinine olan makaslama bağlanma dayanımının, GCİS'e göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Cention Forte materyalinin çürükten etkilenmiş dentin yüzeyine olan bağlantı dayanımını değerlendiren çalışmalar oldukça sınırlı olmakla birlikte, yapılan bir in vitro çalışmada, daimi azı dişlerinin 14 günlük pH döngüsü ile yapay çürük oluşturulan dentin yüzeylerinde farklı restoratif materyallerin bağlantı dayanımları incelenmiştir. Örneklerin restorasyon sonrası bir hafta distile suda bekletilmesinin ardından makaslama bağlantı dayanım değerleri ölçülmüştür. Sırasıyla Cention Forte grubunda ortalama 11,4 ± 6,5 MPa, Surefil One grubunda 3,7 ± 1,9 MPa, bir YVCİS grubunda ise 3,3 ± 1,9 MPa bağlantı dayanım değeri rapor edilmiş, değer arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirtilmiştir [300]. Çalışmamızda, literatürle uyumlu olarak yapay çürüklü dentin yüzeyine uygulanan Cention Forte materyalinin bağlantı dayanımının, YVCİS ve RMCİS'e kıyasla anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışmamızda, YVCİS'in RMCİS'e göre daha yüksek

bağlantı dayanım değeri gösterdiği ancak bu değerlerin çok yakın olduğu kaydedilmiştir.

Yapay çürüklü dentinde, GDF uygulamasını takiben cam iyonomer siman restorasyonlarının bağlantı dayanımını inceleyen bir çalışmada, 40 derin dentin çürüklü süt azı dişi kullanılarak araştırma yapılmıştır. Çürük dentin yüzeyine %38'lik GDF uygulanmış ve GDF uygulanmayan grup ile mikrogerilim bağlantı dayanımları karşılaştırılmıştır. Restoratif materyal olarak YVCİS kullanılmış olup, GDF uygulanan (7.4±5.1 MPa) grupta daha yüksek bağlantı dayanım değeri elde edilmiştir. Bunun yanında GDF uygulanmayan (6,3±4.6 MPa) grup ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.[313] Daimi azı dişlerde yapılan bir in vitro çalışmada da benzer sonuç elde edilmiştir. Demineralize dentine uygulanan kapsül form YVCİS (10,9±4,5 MPa) ile GDF+YVCİS (13,5±3,4 MPa) grupları arasında istatistiksel fark bulunmazken, GDF+YVCİS grubunda daha yüksek değer elde edilmiştir. [314] Khor ve ark. [113] tarafından yürütülen çalışmada, daimi molar dişler kullanılmış ve yapay çürükler 14 gün süren pH döngüsü yöntemi ile oluşturulmuştur. Restorasyon öncesinde tüm örneklere %10 poliakrilik asit uygulanmış ve yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (Fuji IX GP Extra) ile restorasyonlar tamamlanmıştır. Çalışmada yapay çürüklü dentin gruplarında, GDF uygulanmayan örneklerde (7,36 ± 4,05 MPa), GDF uygulanan örneklere (7,95 ± 5,24 MPa) göre daha düşük mikrogerilim bağlantı dayanımı elde edilmiş, bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir. Çürüksüz süt azı dişlerinin kullanıldığı başka bir in vitro çalışmada, mikrobiyolojik inkübasyon yöntemi ile yapay çürük oluşturulmuştur. Örneklerin bir kısmına GDF uygulanmış ve ardından yüksek viskoziteli kapsül cam iyonomer siman (Ketac-Molar Aplicap, 3M ESPE Dental Products) ile restorasyonlar tamamlanmıştır. Yedi gün yapay tükürükte bekletildikten sonra gerçekleştirilen mikrogerilim bağlantı dayanımı testinde, GDF uygulaması sonrasında elde edilen değer (6,16±2,2 MPa) yapay çürüklü dentine göre daha yüksek (5,97±2,3 MPa) bulunmuş, aralarındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir. [310] RMCİS'in GDF sonrası restoratif materyal olarak değerlendirildiği bir çalışmada, süt ikinci azı dişlerde mikrobiyolojik inkübasyonla oluşturulan yapay çürüklü dentin üzerine materyal; poliakrilik asit+GDF, tek başına GDF, fosforik asit+GDF ve fosforik asit+GDF+KI olmak üzere dört farklı protokolle uygulanmıştır. Mikrogerilim bağlantı dayanım testi sonucunda, en yüksek bağlantı dayanım değerleri GDF'nin uygulandığı gruplardan elde edilmiş,

ancak gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. [315] Çalışmamızda da benzer olarak, yapay çürüklü dentin yüzeyine GF solüsyonu uygulandıktan sonra yerleştirilen Fuji II LC'nin makaslama bağlantı dayanımı (6,02±3,69 MPa) değeri, doğrudan yapay çürük dentine uygulanan gruptan (5,25±3,02 MPa) daha yüksek olmakla birlikte, aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

GDF'nin restoratif materyallerin yapay çürüklü dentine bağlantı dayanımını olumsuz yönde etkileyebileceğini bildiren çalışmalar da literatürde bulunmaktadır. Daimi azı dişleri ile yapılan bir in vitro çalışmada, farklı dentin yüzeylerine farklı protokoller ile GDF solüsyonu uygulanıp, Fuji IX materyalinin makaslama bağlantı dayanım değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, GDF uygulamasının ardından yapılan restorasyonlardan elde edilen bağlantı dayanım değerlerinin, GDF uygulanmayan yapay çürüklü dentin yüzeyinden elde edilen değerlere göre daha düşük olduğu, fakat bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir. [314] Yapılan bir in vitro çalışmada benzer şekilde yapay çürüklü dentin yüzeyine GDF uygulaması öncesi ve sonrası YVCİS uygulanmış, GDF uygulaması sonrası daha düşük bağlantı dayanımı görülürken, iki değer arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır [310]. Çalışmamızda da bu çalışma ile benzer olarak, GF solüsyonu uygulanan Fuji IX materyalinin yapay çürüklü dentin yüzeyinden elde edilen makaslama bağlantı dayanım değeri (4,32±2,26 MPa) GF solüsyonu uygulanmamış yapay çürüklü dentine (5,32±3,02 MPa) göre daha düşük bulunmuş, değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür. GDF'nin bağlantı dayanımı üzerindeki olumsuz etkisinin, GDF uygulaması sonrası dentin yüzeyinde oluşan gümüş partikülleri ve çökeltilerin adeziv sistemlerin penetrasyonunu engelleyerek hibrit tabakanın kalitesini düşürmesinden kaynaklanabileceği öne sürülmektedir. Ayrıca, GDF'nin dentin yüzeyinde oluşturduğu yoğun ve düzensiz çökeltiler nedeniyle bağlanma ara yüzeyinde boşluklar meydana gelebilmekte ve bu durum adeziv etkileşimi sınırlayarak bağlantı dayanımını azaltabilmektedir. [316,317]

Çalışmamızda, yapay çürük oluşturulmuş dentin yüzeyinde GF uygulaması sonrası farklı restoratif materyallerin bağlantı dayanımları da karşılaştırılmıştır. GF solüsyonu uygulanmış yapay çürüklü dentin yüzeylerine uygulanan Fuji II LC materyalinin

(6,02±3,69 MPa) Fuji IX 'a (4,32±2,26 MPa) göre daha yüksek bağlantı dayanım değeri gösterdiği fakat bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı kaydedilmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, çürüksüz daimi azı dişlerinin kullanıldığı bir in vitro çalışmada Fuji IX ve Fuji II LC materyallerinin GDF sonrası bağlantı dayanımları karşılaştırılmıştır. Asetik asit demineralizasyon çözeltisi ile yapay çürük lezyonları oluşturulduktan sonra, GDF uygulanmış, restorasyonlar tamamlanmıştır. Mikromakaslama bağlantı dayanımı testinde YVCİS en yüksek değeri (10,6±4,1 MPa) göstermiş, RMCİS (5,5±3,9 MPa) daha düşük sonuçlar vermiştir. İstatistiksel analizde, YVCİS ile RMCİS arasındaki fark anlamlı bulunmuştur [318]. Bu sonuç, çalışmamızda elde edilen sonuç ile çelişmektedir. Elde edilen bu sonucun, çalışmamızda kullanılan diş türünün daimi yerine süt dişi olması ile ilişkili olduğu düşünülebilir. Süt dişlerinde dentin yapısının daha düşük mineralizasyon derecesine ve farklı tübül morfolojisine sahip olması bağlanma değerlerini etkileyebileceği düşünülmüştür. Bu çalışmada kullanılan asetik asit yöntemi, çalışmamızdaki pH döngüsünden farklıdır. Asetik asit lezyonlarının daha homojen ve demineralizasyon ağırlıklı, pH döngüsü lezyonlarının ise doğal çürüğe daha yakın olması, çalışma sonuçlarında farklılığa neden olabileceği düşünülmüştür.[249]

Güncel biyoaktif restoratif materyaller arasında yer alan Cention ve GDF etkileşimini değerlendiren çalışmalar literatürde oldukça sınırlı olup, mevcut bir çalışmada, sağlam dentinde GDF'nin Cention Forte materyalinin bağlantı dayanımına etkisi incelenmiştir. Bassiouny ve ark. [319] tarafından yapılan in vitro çalışmada, süt azı dişlerinde alkasit esaslı bir restoratif materyal olan Cention Forte'un ve kompozit rezin materyalinin (%38 GDF ön işlemi uygulanmış veya uygulanmamış dentin yüzeylerinde) sağlam dentin yüzeylerindeki makaslama bağlantı dayanımları değerlendirilmiştir. 52 süt azı dişi kullanılmış, örnekler Cention Forte ve bulk-fill kompozit rezin uygulanmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır. Her grup kendi içinde %38 GDF uygulanan ve uygulanmayan olmak üzere iki alt gruba ayrılmıştır. Restorasyonların uygulanmasını takiben örnekler 48 saat distile suda bekletilmiş ve makaslama bağlantı dayanımı testi uygulanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, en yüksek bağlantı dayanımı GDF + Cention Forte grubunda (7,94 ± 3,02 MPa) görülmüş, bunu sırasıyla Cention Forte (7,64 ± 2,62 MPa), kompozit grupları takip etmiştir. GDF uygulamasının Cention Forte'un bağlantı dayanımı üzerinde anlamlı etkisi olmadığı kaydedilmiştir. GDF solüsyonu uygulanmış yapay çürüklü dentin

yüzeyinde farklı restoratif materyaller ile Cention materyalinin bağlantı dayanımını karşılaştıran çalışma bulunmamaktadır. Fakat literatür incelendiğinde, yapay çürüklü dentin yüzeyine Cention materyalinin de içerdiği rezin içerikleri barındıran materyallerin değerlendirildiği çalışmalar mevcuttur. Yapılan bir in vitro çalışmada, GDF'nin çürükten etkilenmiş süt dişi dentininde UDMA bazlı adezivlerin bağlanma dayanımına etkisi incelenmiştir. Çalışmada 42 süt azı dişi, mikrobiyal yöntemle yapay çürük oluşturulduktan sonra, farklı yüzey ön işlemleri ve iki farklı adeziv sistem ile değerlendirilmiştir. Restorasyonlar rezin kompozitle tamamlanmış, elde edilen örnekler mikrogerilim bağlanma dayanımı testi, Raman spektroskopisi ve SEM ile 24 saat sonrasında incelenmiştir. Çalışma sonucunda, UDMA bazlı adeziv grubunda GDF uygulamasının, çürükten etkilenmiş dentinde bağlanma dayanımını anlamlı şekilde azalttığı belirtilmiştir. Bunun, GDF'nin çürükten etkilenmiş dentin yüzeyinde bıraktığı çökeltilerin rezin monomer penetrasyonunu ve hibrit tabaka oluşumunu kısıtladığını, dolayısıyla UDMA içerikli adezivin kısa dönem bağlanma etkinliğini olumsuz etkilemesinden kaynaklandığı bildirilmiştir [320]. Bununla birlikte, bazı çalışmalarda GDF uygulamasının UDMA'dan farklı rezin içeriklerinde bağlantı dayanımını artırabildiği de belirtilmiştir [321]. Çalışmamızda, GMART yöntemini taklit etmek amacıyla yapay çürüklü dentin yüzeyine GF uygulaması yapılmış, Cention Forte materyalinin yapay çürük+GF solüsyonu uygulanan dentinden elde edilen bağlantı dayanım değerinin, sağlam dentin ve yapay çürüklü dentine göre göre anlamlı derecede düşük olduğu görülmüştür.

Çocuk diş hekimliğinde kullanılan materyallerin klinik başarısı, dentin bağlantı dayanımlarının yapay yaşlandırma yöntemleriyle değerlendirilmesiyle ortaya konmaktadır. Bu değerlendirmeler, materyallerin uzun dönem stabilitesi hakkında bilgi sağlayarak klinik uygulamalarda doğru materyal seçimine rehberlik etmektedir [303]. Yetmiş iki süt dişinde yapılan bir in vitro çalışmada, CİS (Fuji II), RMCİS (Fuji II LC) ve YVCİS (Fuji IX) materyallerinin yaşlandırma işlemi sonrası makaslama bağlantı dayanım değerleri karşılaştırılmıştır. Tüm örneklere %10 poliakrilik asit uygulamasından sonra restorasyonlar tamamlanmıştır. Ardından tüm örnekler 500 döngü termal siklusa tabi tutulmuştur (5°C–55°C). Makaslama bağlantı dayanım testi sonucunda en yüksek değer, Fuji II LC materyalinde (9,8 ±1,6 MPa) görülmüş olup, bunu Fuji IX (7,2±0,87 MPa) ve Fuji II (4,9±0,9 MPa) takip etmiştir. Materyaller birbirleri ile karşılaştırıldığında bağlantı dayanımları arasındaki fark istatistiksel

olarak anlamlı bulunmuştur.[254] Süt dişleri ile yapılan başka bir in vitro çalışmada, YVCİS, RMCİS ve kompomer materyallerinin mikrogerilim bağlantı dayanımları incelenmiştir. Çalışmada sağlam süt azı dişleri termal döngüye (1000 döngü, 6°C± 2°C'de 30 saniye ve 60°C±2°C'de 30 saniye) tabi tutulmuştur. Mikrogerilim bağlantı dayanım değerleri değerlendirildiğinde, en yüksek değerin kompomer grubunda olduğu, bunu RMCİS ve YVCİS gruplarının takip ettiği bildirilmiştir. Materyaller kendi aralarında kıyaslandığında, RMCİS materyallerinin YVCİS'e göre daha yüksek bağlantı dayanımına sahip olduğu belirtilmiştir. [286] Keskin ve ark. [322] yapmış oldukları in vitro çalışmada, flor salınımı yapman YVCİS (Fuji IX Extra, GC Corporation, Tokyo, Japonya), RMCİS (Fuji II LC, GC Corporation, Tokyo, Japonya), Giomer (Beautifil II LS, Shofu Inc., Kyoto, Japonya), Cam hibrit (Equia Forte, GC Corporation, Tokyo, Japonya) ve biyoaktif kompozit (ACTIVA BioACTIVE Restorative, Pulpdent Corporation, Watertown, MA, ABD) materyallerini sağlam dentin yüzeyine uygulayıp, bağlantı dayanım değerlerini karşılaştırmıştır. Toplam 60 adet daimi molar dişin kullanıldığı çalışmada, tüm örnekler 24 saat 37 °C'de distile suda bekletildikten sonra 10.000 döngü termal döngüye (5–55 °C, 60 sn bekleme) tabi tutulmuştur. Sağlam dentinden elde edilen en yüksek bağlantı dayanım değeri biyoaktif kompozite ait olurken (26,75±5,59 MPa) , bunu giomer ve RMCİS (26,17± 7,05 MPa) takip etmiş ve en düşük bağlantı dayanımı YVCİS (14,72±4,13 MPa) ve cam hibrit materyalin (15,15±4,559 MPa) olmuştur. RMCİS'in bağlantı dayanım değerinin, YVCİS'e göre anlamlı derecede yüksek olduğu kaydedilmiştir. Benzer şekilde biyoaktif materyallerin karşılaştırıldığı bir diğer çalışmada, toplam 60 daimi premolar diş rastgele üç gruba ayrılarak sağlam dentin yüzeylerine Fuji II LC, Zirconomer ve Cention N materyalleri uygulanmıştır. Çalışmada materyallerin mikrosızıntı ve makaslama bağlantı dayanım değerleri incelenmiştir. Restorasyon sonrası örnekler 500 döngü termal siklusa (5°C±55°C) tabi tutulmuş, çalışma sonucunda, Cention N en yüksek dentin makaslama bağlantı dayanımını gösterirken (9,89±1,23 MPa), bunu Zirconomer (7,48±1,02 MPa) ve GC Fuji II (5,15±1,22 MPa) izlemiştir. Cention N'in Fuji II LC materyaline göre anlamlı derece daha yüksek bağlantı dayanımına sahip olduğu kaydedilmiştir.[308] Çalışmamızda kullandığımız Cention materyalinin kapsül formu olan Cention Forte ile yapılan bir in vitro çalışmada, daimi azı dişleri 6 ay boyunca yapay tükürük ortamında yaşlandırılmış ve sağlam dentin yüzeylerinden elde edilen makaslama bağlantı dayanım değerleri farklı restoratif materyaller ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda sağlam dentin

yüzeylerinden elde edilen makaslama bağlantı dayanım değerleri sırasıyla Cention Forte için 17,5±5,6 MPa, Equia Forte için 10,4±2,2 MPa ve Surefil One için 9,0±5,0 MPa olarak kaydedilmiş olup, Cention Forte'nin sağlam dentin yüzeyinde elde edilen bağlantı dayanım değeri hem Equia Forte hem de Surefil One gruplarına kıyasla anlamlı derecede yüksek bulunurken, Equia Forte ile Surefil One arasında anlamlı bir fark olmadığı belirtilmiştir.[300] Calışmamızda da benzer şekilde, Cention Forte'nin bağlantı dayanımı Fuji II LC'den anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte çalışmamızda, diğer çalışmalardaki gibi anlamlı derecede fark olmasa da sağlam dentin yüzeyine uygulanan RMCİS'ten elde edilen makaslama bağlantı dayanım değerleri YVCİS'e göre daha yüksek bulunmuştur**.**

Yapay çürüklü dentin yüzeylerinde YVCİS ve RMCİS'in yaşlandırma yapılmış örneklerinin bağlantı dayanım değerlerinin karşılaştırıldığı bir çalışma incelendiğinde, 7 günlük pH döngüsü ile yapay çürük oluşturulan daimi azı dişleri değerlendirilmiştir. Örnekler termal döngüye tabi tutulduktan sonra, elde edilen mikrogerilim bağlantı dayanımına göre, en yüksek bağlantının biyoaktif kompozit restorasyon ve RMCİS'e (14,68±3,85 MPa) ait olduğu, en düşük bağlantı dayanımının ise cam hibrit ve YVCİS'e (7,06±2,25 MPa) ait olduğu görülmüştür. Materyaller birbirleri ile karşılaştırıldığında RMCİS ve YVCİS materyallerinin mikrogerilim bağlantı dayanım değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir [322] Benzer şekilde süt dişleri ile yapılan bir in vitro çalışmada, iki farklı YVCİS, GCİS, iki farklı RMCİS ve cam hibrit restoratif materyallerin mikrogerilim bağlantı dayanımları karşılaştırılmıştır. Çalışmada çürükten etkilenmiş dentine sahip süt azı dişleri termal döngüye (10.000 döngü; 5°C±55 °C, sulu ortamda; 30 sn–1 sn–30 sn–1 sn–30 sn bekleme süreleri) tabi tutulmuştur. Çalışma sonucunda, RMCİS türleri olan Fuji II LC (1,93±2,08 MPa) ve Photac Fill (0,93±1,16 MPa) materyallerinden GCİS'e göre (Ketac Molar) (0,79±0,99 MPa) daha yüksek bağlantı dayanım değerleri elde edildiği, fakat aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı kaydedilmiştir.[323] Çalışmamız incelendiğinde, literatürde değerlendirilen çalışmalar ile paralel olarak RMCİS YVCİS'e göre daha yüksek bağlantı dayanım değeri göstermiş olup iki materyal arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı görülmüştür.

Farklı biyoaktif restoratif materyallerin karşılaştırıldığı bir in vitro çalışmada, 60 daimi azı dişi mikrogerilim testi ile değerlendirilmiştir. Çalışmadaki tüm örneklere, 14 gün

süreyle pH döngüsü uygulanarak yapay çürük oluşturulmuştur. Örneklere, RMCİS (Fuji II LC), Cention N ve cam hibrit restoratif materyal (Equia® Forte Fil, GC, Tokyo, Japan) uygulanmıştır. Tüm örnekler, 10.000 döngü termal döngüye tabi tutulduktan sonra mikrogerilim bağlanma dayanımı testi ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda yapay çürüklü dentine restorasyonun uygulandığı gruplarda; en yüksek mikrogerilim bağlantı dayanımı ortalaması Cention N (45,84±11,19 MPa) ile elde edilmiş, bunu Fuji II LC (38,00±9,75 MPa) ve EQUIA Forte Fil (31,23±9,11 MPa) materyalleri takip etmiştir. Materyaller birbirleri ile karşılaştırıldığında, Cention N ve EQUIA Forte Fil materyalleri arasında anlamlı fark olduğu bulunmuş, Cention ile Fuji II LC ve EQUIA Forte Fil ile Fuji II LC materyalleri arasında anlamlı farklılık olmadığı kaydedilmiştir. [324] Çalışmamızda da benzer bulgular elde edilmiş olup, Cention Forte materyali yapay çürüklü ve yaşlandırma işlemine tabi tutulmuş dentin yüzeyinde RMCİS ve YVCİS'e göre anlamlı derecede yüksek bağlantı dayanım değerleri göstermiştir.

Yaşlandırma işlemi uygulanan dişlerde GDF'nin bağlantı dayanımı üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği çalışmalar incelendiğinde, yapılan bir in vitro çalışmada, GDF, KI ve GSH uygulamalarının çürükten etkilenmiş süt dişi dentinine yapılan YVCİS (Fuji IX Extra) restorasyonlarının mikromakaslama bağlantı dayanımı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çürüksüz daimi üçüncü molarlardan hazırlanan örnekler, 14 günlük pH döngüsü ile yapay çürük elde edildikten sonra rastgele dört gruba ayrılmıştır (kontrol, GDF, GDF+KI, GDF+GSH). Restorasyon sonrası tüm örnekler 1000 döngü (5±55°C) termal döngüye tabi tutulmuş, ardından mikromakaslama testi uygulanmıştır. Çalışmada GDF ve kombinasyonları kontrol grubuna kıyasla ortalama bağlantı dayanımını artırma eğiliminde olsa da istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.[325] Yapay çürüklü dentine GDF uygulanmış örneklerde, yaşlandırma işleminin Fuji IX'un bağlantı dayanımı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmaması, çalışmamızın bulguları benzerlik göstermektedir.

Değerlendirilen çalışmalardan farklı olarak, literatürde GDF uygulamasının uzun dönemde bağlantı dayanımını belirgin şekilde azalttığı çalışmalar da bulunmaktadır. Üç farklı biyoaktif restoratif materyalin GDF uygulama öncesi ve sonrası bağlantı dayanımlarının karşılaştırıldığı başka bir in vitro çalışmada 60 daimi molar diş,

mikrogerilim testi ile değerlendirilmiştir. Çalışmadaki tüm örneklere, 14 gün süreyle pH döngüsü uygulanarak yapay çürük oluşturulmuştur. Örnekler, GDF uygulanmayan ve uygulanan olmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır. Her ana grup, kullanılan restoratif materyale göre üç alt gruba ayrılmıştır. Bu alt gruplarda, RMCİS (Fuji II LC) ve Cention N ile cam hibrit restoratif materyal (Equia® Forte Fil, GC, Tokyo, Japan) kullanılmıştır. %38'lik GDF solüsyonu uygulaması sonrası tüm örnekler, 10.000 döngü termal döngüye tabi tutulduktan sonra mikrogerilim bağlanma dayanımı testi uygulanmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde yapay çürük oluşturulmuş dentin yüzeyine GDF uygulaması ve yaşlandırma işlemi tamamlandıktan sonra elde edilen bağlantı dayanım değerleri karşılaştırıldığında en yüksek bağlantı dayanımı, Cention Forte materyalinde görülmüş, bunu Fuji II LC materyali ve Equia Fort Fil materyalleri takip etmiş olup; Cention Forte ile Equia Fort Fil arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanırken, Fuji II LC ile hem Cention Forte hem de Equia Fort Fil arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı kaydedilmiştir. Çalışma sonucunda GDF uygulaması sonrasında tüm materyallerde bağlantı dayanımının anlamlı derecede azaldığı görülmüştür.[324] Çalışmamızda yaşlandırma işlemi uygulanmış yapay çürüklü dentin yüzeylerinde GF solüsyonu uygulanması sonrası elde edilen makaslama bağlantı dayanım değerleri incelendiğinde, en yüksek ortalama değerin Fuji IX materyalinde olduğu, bunu Cention Forte ve Fuji II LC materyallerinin takip ettiği görülmüştür. Üç materyalden elde edilen makaslama bağlantı dayanım değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. Ancak, karşılaştırılan çalışmada en yüksek bağlantı dayanımı Cention N'de kaydedilmiş, Equia ile Fuji II LC arasında anlamlı fark bulunmamış ve Equia, Cention'a kıyasla daha düşük değerler vermiştir. Bununla birlikte, değerlendirilen çalışmada üç materyalde de GF uygulaması bağlantı dayanımını anlamlı şekilde azaltırken, çalışmamızda yalnızca Cention Forte ve Fuji II LC'de yapay çürük ve yapay çürük+GF solüsyonu uygulanan gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmuş, Fuji IX'ta ise bu durum gözlenmemiştir. İki çalışma arasındaki farklılıkların temel olarak kullanılan materyal çeşitliliğinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Çalışmamızda alkasit materyalin kapsül formu olan Cention Forte incelenirken, diğer çalışmada toz-likit formu olan Cention N değerlendirilmiştir.

Literatürde, yaşlandırma işleminin restoratif materyallerin bağlantı dayanımı üzerindeki etkisini değerlendiren çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmalardan biri

olan in vitro bir çalışmada, toplam 120 adet çekilmiş sağlam süt azı dişi kullanılarak üç ana grup oluşturulmuş, RMCİS (Riva Light Cure, SDI Limited, Bayswater, Victoria, Avustralya), Alkasit (Cention N, Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) ve geleneksel CİS (Riva Self Cure, SDI Limited, Bayswater, Victoria, Avustralya) materyalleri örneklere uygulanmıştır. Her grup kendi içinde erken (24 saat) ve gecikmiş (termal siklus sonrası) alt gruplara bölünmüş ve örneklerin yarısı 5 °C ile 55 °C arasında 5000 döngü olacak şekilde yaşlandırmaya tabi tutulmuştur. Restorasyon sonrası örnekler makaslama bağlanma dayanımı testi ile değerlendirilmiştir. Her üç materyalde de yaşlandırma öncesi ve sonrası gruplar karşılaştırıldığında bağlanma dayanımlarında azalma görülmüş olsa da bu fark istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır [307]. Yapılan bir başka çalışmada, sağlam dentinli daimi azı dişlerinde restorasyon uygulamasını takiben materyaller 1 hafta distile suda bekletilmiş ve 6 ay boyunca yapay tükürük ortamında yaşlandırılmış gruplar ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, değerlendirilen diğer araştırmadan farklı olarak, sağlam dentin yüzeylerinde Cention Forte grubunda yaşlandırma öncesi ve sonrası değerler arasında anlamlı bir değişiklik gözlenmezken, Surefil One ve YVCİS gruplarında yaşlandırma sonrasında sağlam dentin yüzeyinde bağlantı dayanımının anlamlı düzeyde arttığı rapor edilmiştir. Yine aynı çalışmada yapay çürüklü dentinde 6 ay yapay tükürükte bekletilen gruplarda Cention Forte materyalinin bağlantı dayanımı Surefil One ve Equia Forte materyallerine göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Yaşlandırma yapılan ve yapılmayan gruplar karşılaştırıldığında ise, Cention Forte ve Surefil One materyallerinde bağlantı dayanım değerleri oldukça yakın olmakla birlikte artış göstermiş olup, Equia Forte materyalinin yaşlandırma sonrası bağlantı dayanım değerlerinde değişiklik olmadığı kaydedilmiştir.[300] Çalışmamızda ise yaşlandırma yapılan ve yapılmayan gruplar karşılaştırıldığında, Cention Forte materyalinde, sağlam dentin, yapay çürüklü dentin ve GF solüsyonunun uygulandığı yapay çürüklü dentin yüzeylerinde, yaşlandırma yapılmayan gruplarda daha yüksek bağlantı dayanım değerleri görülürken; YVCİS ve RMCİS materyallerinin genel olarak yaşlandırma işlemi sonrası elde edilen bağlantı dayanım değerlerinin daha yüksek olduğu kaydedilmiştir. Bu bulgular, literatürde yer alan çalışmalarla benzerlik göstermekte olup, özellikle YVCİS ve RMCİS'in yaşlandırma sonrası bağlantı dayanımlarında artış kaydedildiğini bildiren sonuçlarla paralellik göstermektedir. Cam iyonomer simanlarda yaşlandırma işlemi sonrası bağlantı dayanımının artışı, materyalin olgunlaşma sürecinde devam eden asit–baz reaksiyonlarının tamamlanması, matriksin

yoğunlaşması ve hidroksiapatit ile kimyasal bağların güçlenmesiyle ilişkilendirilebilir [284]. Ayrıca florür ve diğer iyonların devamlı salınımı, dentin yüzeyinde iyon değişimini destekleyerek daha stabil ve dayanıklı bir ara yüzey oluşmasına katkı sağlar, bu sayede cam iyonomerlerin zamanla bağlantı performanslarının iyileşebilir [225,227,232].

Bağlantı dayanımı çalışmalarında kırık tiplerinin incelenmesi, elde edilen mekanik sonuçların yalnızca nicel değil, aynı zamanda nitel olarak da değerlendirilmesine olanak tanır. Kırık tiplerinin analizi, başarısızlığın adeziv, koheziv veya karma olup olmadığını ortaya koyarak, bağlanma mekanizması ve materyal doku etkileşimi hakkında ek bilgi sağlar. Bu sayede, bağlantı dayanımı değerlerinin yorumlanması daha kapsamlı yapılabilir ve klinik başarıyı etkileyebilecek faktörler daha iyi anlaşılabilir. [326]

Yaşlandırma yapılan ve yapılmayan çalışmalar incelendiğinde, YVCİS, RMCİS ve Cention materyalleriyle sağlam dentin yüzeylerinde çoğunlukla adeziv kırık tiplerinin görüldüğü, bunu karma ve koheziv kırık tiplerinin takip ettiği bildirilmiştir [283,288,294,308,322]. Çalışmamızda da benzer şekilde, bu gruplarda ağırlıklı olarak adeziv ve karma kırık tipleri gözlenmiş, yalnızca Cention materyalinin yaşlandırma yapılan, Fuji IX materyalinin yaşlandırma yapılmayan dentin grubunda adeziv ve karma kırık tipleri eşit sayıda görülmüştür.

Benzer şekilde yapay çürüklü dentin yüzeyine yapılan materyaller incelendiğinde, yaşlandırma yapılmayan örneklerde, YVCİS, RMCİS ve Cention gruplarında ağırlıklı olarak adeziv ve karma kırık tipleri görüldüğü, yaşlandırma yapılan örneklerde ise koheziv kırığın da görüldüğü kaydedilmiştir [283,322,324]. Çalışmamızda da benzer şekilde yaşlandırma yapılmayan gruplarda karma ve adeziv kırık tipi ağırlıklı olarak görülürken, yaşlandırma işlemi yapılan gruplarda koheziv kırık tipi de görülmektedir.

Yaşlandırma işlemi yapılan ve yapılmayan, GDF uygulanan yapay çürük dentin yüzeylerinde meydana gelen kırık tipleri incelendiğinde, YVCİS ve RMCİS ile gerçekleştirilen çalışmalarda, görülen kırık tipleri sırasıyla adeziv ve karma olmuş, yalnızca iki çalışmada koheziv kırığın da görüldüğü [314,315] bildirilmiştir [276,313]. YVCİS, RMCİS ve Cention Forte ile gerçekleştirilen bir çalışmada, cam hibrit grubunda sırasıyla adeziv ve karma; RMCİS grubunda adeziv, karma ve koheziv;

Cention grubunda ise adeziv, koheziv ve karma kırık tiplerinin görüldüğü bildirilmiştir [324]. Çalışmamızda da yaşlandırma yapılmayan gruplarda, Fuji IX grubunda adeziv ve koheziv; Fuji II LC ve Cention Forte materyal gruplarında karma ve adeziv kırık tipleri gözlenmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda, sağlam dentin, yapay çürüklü dentin ve yapay çürüklü dentin+GF solüsyonunun uygulandığı üç farklı dentin yüzeyine, üç farklı flor salınımı yapan restoratif materyal (Fuji IX, Fuji II LC, Cention Forte) uygulanmış; yaşlandırma yapılan ve yapılmayan gruplarda makaslama bağlantı dayanım değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçları şu şekildedir:

1. Yaşlandırma işlemi yapılmayan gruplar materyalden bağımsız olarak değerlendirildiğinde, ortalama makaslama bağlantı dayanım değerlerien yüksekten en düşüğe doğru sırasıyla sağlam dentin, yapay çürüklü dentin ve yapay çürük+GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeylerinden elde edilmiştir ($p<0,05$).

2. Yaşlandırma işlemi yapılmayan gruplarda, sağlam dentin yüzeyine ve yapay çürüklü dentin yüzeyine uygulanan materyallerden elde edilen makaslama bağlantı dayanım değerleri sırasıyla Cention Forte >Fuji IX > Fuji II LC olmuştur. Cention Forte'un Fuji IX ve Fuji II LC'ye göre anlamlı derecede daha yüksek bağlantı dayanımı sağladığı ($p<0,05$), Fuji IX ile Fuji II LC arasında ise anlamlı farklılık bulunmadığı belirlenmiştir.

3. Yaşlandırma işlemi yapılmayan, yapay çürük+GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeylerinden elde edilen bağlantı dayanım değerleri sırasıyla, Cention Forte > Fuji II LC > Fuji IX olmuştur. Ancak üç materyal arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

4. Yaşlandırma işlemi yapılmayan gruplarda materyaller dentin yüzeylerine göre incelendiğinde,

-Fuji IX materyali için bağlantı dayanım değerleri sırasıyla yapay çürüklü dentin > sağlam dentin > yapay çürük+GF solüsyonu uygulanan dentin olarak belirlenmiştir.

-Fuji II LC materyali için yapay çürük+GF solüsyonu uygulanan dentin > yapay çürüklü dentin > sağlam dentin olarak bulunmuştur.

-Cention Forte materyalinde ise sağlam dentin >yapay çürüklü dentin >yapay çürük+GF solüsyonunun uygulandığı dentin olduğu görülmüştür.

5. Yaşlandırma işlemi yapılan gruplar materyalden bağımsız olarak değerlendirildiğinde, bağlantı dayanımı değerleri sırasıyla yapay çürüklü dentin yüzeyinde en yüksek, sağlam dentin yüzeyinde orta düzeyde ve yapay çürük + GF solüsyonu uygulanmış dentin yüzeyinde en düşük olarak elde edilmiştir ($p<0,05$).

6. Yaşlandırma işlemi yapılan gruplarda, sağlam dentin yüzeyine ve yapay çürüklü dentin yüzeyine uygulanan materyallerden elde edilen makaslama bağlantı dayanım değerleri sırasıyla Cention Forte > Fuji II LC > Fuji IX olmuştur. Cention Forte'un Fuji IX ve Fuji II LC'ye göre anlamlı derecede daha yüksek bağlantı dayanımı sağladığı ($p<0,05$), Fuji IX ile Fuji II LC arasında ise anlamlı farklılık bulunmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir.

7. Yaşlandırma işlemi yapılan, yapay çürük+GF solüsyonu uygulanan dentin yüzeylerinden elde edilen bağlantı dayanım değerleri sırasıyla, Fuji IX > Cention Forte > Fuji II LC olmuştur ($p>0,05$).

8. Yaşlandırma işlemi yapılan gruplarda materyaller dentin yüzeylerine göre incelendiğinde,

-Fuji IX materyali için bağlantı dayanım değerleri sırasıyla sağlam dentin >yapay çürüklü dentin > yapay çürük+GF olarak belirlenmiştir ($p>0,05$).

-Fuji II LC materyali için sağlam dentin >yapay çürüklü dentin >yapay çürük+GF olarak belirlenmiştir. Fuji II LC materyalinde sağlam dentin ile yapay çürük+GF solüsyonu uygulanan dentin arasında, istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$).

-Cention Forte materyalinde ise yapay çürüklü dentin > sağlam dentin > yapay çürük+GF solüsyonunun uygulandığı dentin olduğu görülmüştür. Cention Forte materyalinde ise yapay çürük+GF solüsyonu uygulanan dentin ile her iki dentin yüzeyi arasında bağlantı dayanımı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$).

9. Yaşlandırma işleminin materyallerin bağlantı dayanımları üzerindeki etkileri incelendiğinde, sağlam dentin yüzeyinde Fuji IX ve Fuji II LC materyallerinde termal döngüye giren örneklerde, Cention Forte'de ise termal döngüye girmeyen örneklerde daha yüksek bağlantı dayanımı elde edilmiştir. Yapay çürüklü dentin yüzeyinde Fuji

IX ve Cention Forte için yaşlandırma yapılmayan, Fuji II LC için ise yaşlandırma yapılan örneklerde daha yüksek bağlantı dayanımı saptanmıştır. GF solüsyon uygulanan yapay çürüklü dentin yüzeyinde ise Fuji IX'ta yaşlandırılan örneklerde, Fuji II LC ve Cention Forte'de yaşlandırılmayan örneklerde daha yüksek değerler elde edilmiştir.

10. Kırık tipleri değerlendirildiğinde, tüm gruplarda çoğunlukla karma ve adeziv kırık tiplerine rastlanmış olup, koheziv kırığın oldukça sınırlı olduğu görülmüştür.

Yaşlandırma öncesi ve sonrası elde edilen bulgular doğrultusunda, sağlam dentin ve yapay çürüklü dentin yüzeylerinde Cention Forte materyali, GF solüsyonunun uygulandığı çürük dentin yüzeylerinde ise Fuji IX ve Fuji II LC materyallerinin kullanılması önerilebilir. Bununla birlikte, bu sonuçların geçerliliğinin daha uzun süreli yaşlandırma protokolleri, farklı yapay çürük modelleri ve klinik çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Fejerskov O. Changing Paradigms in Concepts on Dental Caries: Consequences for Oral Health Care. Caries Res. 2004;38(3):182–91.
2. Dorri M, Martinez-Zapata MJ, Walsh T, al. et. Atraumatic restorative treatment versus conventional restorative treatment for managing dental caries. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2017;12(12):CD008072.
3. Hans M, Dhillon J. Minimally Intervention Dentistry. In: Garg N, Garg A, editors. Textbook of Operative Dentistry. 3rd ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd.; 2015. p. 463.
4. Banerjee A. Minimal intervention dentistry: part 7. Minimally invasive operative caries management: rationale and techniques. Br Dent J. 2013;214:107–11.
5. Alqahtani AM, Alshihri YD, Alhumaid AE, Al Nafaie MM, Alnaim AA. Advancements in Minimally Invasive Techniques in Pediatric Dentistry: A Review. Cureus. 2025 Jan 5;
6. Uçar Z, Akyıldız B. Çocuk Diş Hekimliğinde Gümüş Diamin Florür Kullanımı. SelcukDentJ. 2022;652–61(9).
7. Turton B, Horn R, Durward C. Caries arrest and lesion appearance using two different silver fluoride therapies on primary teeth with and without potassium iodide: 12-month results. Clin Exp Dent Res. 2021;7:609–19.
8. Abdellatif HM, Ali AM, Baghdady S. Caries arrest effectiveness of silver diamine fluoride compared to alternative restorative technique: randomized clinical trial. Eur Arch Paediatr Dent. 2021;22:575–85.
9. Arrow P, Klobas E. Minimum intervention dentistry approach to managing early childhood caries: a randomized control trial. Community Dent Oral Epidemiol. 2015;43:511–20.
10. Brito AL, Olegário IC, Calil C, Bissoto AF, Pettorossi JC, Prócida D. One year survival rate of Ketac Molar versus Vitro Molar for occlusoproximal ART restorations: a RCT. Braz Oral Res. 2017;31(0):1–8.
11. Marwah N. Atraumatic Restorative Treatment. In: Damle SG, 3rd, editors. Textbook of Pediatric Dentistry. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2019. p. 579–88.
12. Alvear Fa B, Jew JA, Wong A, al. et. Silver modified atraumatic restorative technique (SMART): an alternative caries prevention tool. Stomatology Edu Journal. 2016;3(3–4):243–9.
13. Northridge ME, Kumar A, Kaur R. Disparities in Access to Oral Health Care. Annu Rev Public Health. 2020 Apr 2;41(1):513–35.
14. Pitts NB. Are We Ready to Move from Operative to Non-Operative/Preventive Treatment of Dental Caries in Clinical Practice? Caries Res. 2004;38(3):294–304.
15. Featherstone JDB. The Science and Practise of Caries Prevention. The Journal of the American Dental Association. 2000 Jul;131(7):887–99.

16. WHO (2022): Global oral health status report: towards universal health coverage for oral health by 2030. 2022.
17. Anusavice KJ. Management of dental caries as a chronic infectious disease. J Dent Educ. 1998 Oct;62(10):791–802.
18. Bader JD, Brown JP. Dilemmas in Caries Diagnosis. The Journal of the American Dental Association. 1993 Jun;124(6):48–50.
19. Elderton RJ, Mjör IA. Changing scene in cariology and operative dentistry. Int Dent J. 1992 Jun;42(3):165–9.
20. Nyvad B, Kilian M. Comparison of the Initial Streptococcal Microflora on Dental Enamel in Caries-Active and in Caries-Inactive Individuals. Caries Res. 1990;24(4):267–72.
21. Nyvad B, Fejerskov O. Scanning electron microscopy of early microbial colonization of human enamel and root surfaces in vivo. Eur J Oral Sci. 1987 Aug;95(4):287–96.
22. Ali T, Rumnaz A, Urmi UL, Nahar S, Rana M, Sultana F, et al. Type-2 Diabetes Mellitus Individuals Carry Different Periodontal Bacteria. Pesqui Bras Odontopediatria Clin Integr. 2021;21.
23. Arora V, Punia V, Saini S, Kumar S, Yadav S, Miglani S, et al. Textbook of Operative Dentistry. Garg N, Garg A, editors. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2015. 44–45 p.
24. Guzmán-Armstrong S, Johnsen DC. Caries Management Decision-Making. Dent Clin North Am. 2019 Oct;63(4):679–93.
25. Zhou X. Dental Caries: Principles and Management [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer; 2015. Available from: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-46533-2
26. Bowen WH. The Stephan Curve Revisited. Odontology. 2013;101(1):2–8.
27. Zandoná AGF, Rıtter A V., Eıdsona RS. Dental Caries: Etiology, Clinical Characteristics, Risk Assessment, and Management. Ritter A, Boushell L, Walter R, editors. St. Louis, Missouri: Elsevier Health Sciences; 2018. 49 p.
28. Stephan RM. Intraoral hydrogen ion concentrations associated with dental caries activity. J Dent Res. 1944;23:257–66.
29. König KG. Karies und Parodontopathien - Ätiologie und Prophylaxe. Vol. 1. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 1987.
30. Rosenhek M, Macpherson LMD, Dawes C. The effects of chewing gum stick size and duration of chewing on salivary flow rate and sucrose and bicarbonate concentrations. Arch Oral Biol. 1993;38:885.
31. Wikner S, Söder PÖ. Factors associated with salivary buffering capacity in young adults in Stockholm, Sweden. Scand J Dent Res. 1994;102:50.
32. Ritter A V. Dental Caries: Etiology, Clinical Characteristics, Risk Assessment, and Management. St. Louis, Missouri: Elsevier Health Sciences; 2018. 58–60 p.
33. Fejerskov O, Kidd EAM, editors. Dental Caries: The Disease and Its Clinical Management. Copenhagen, Denmark: Blackwell Monksgaard; 2003.

34. Hojo S, Komatsu M, Okuda R, Takahashi N, Yamada T. Acid profiles and pH of carious dentin in active and arrested lesions. J Dent Res. 1994;73(12):1853–7.
35. Hojo S, Takahashi N, Yamada T. Acid profile in carious dentin. J Dent Res. 1991;70(3):182–6.
36. Hashimoto K, Sato T, Shimauchi H, Takahashi N. Profiling of dental plaque microflora on root caries lesions and the protein-denaturing activity of these bacteria. Am J Dent. 2011;24(5):295–9.
37. Habelitz S, Marshall GW, Marshall SJ. Clinical Significance of Dental Anatomy, Histology, Physiology, and Occlusion. In: Ritter A V, Boushell LW, Walter R, editors. Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry. 7th ed. St. Louis: Mosby/Elsevier; 2018. p. 3–24.
38. Sasagawa I. Fine structure of the cap enameloid and of the dental epithelial cells during enameloid mineralisation and early maturation stages in the tilapia, a teleost. J Anat. 1997;190(Pt 4):589–600.
39. Silverstone LM. In vitro studies with special reference to the enamel surface and the enamel-resin interface. In: Silverstone LM, Dogon IC, editors. Proceedings of an International Symposium on the Acid Etch Technique. St Paul, MN: North Central; 1975.
40. Ekstrand KR, Ricketts DN, Kidd EA. Do occlusal carious lesions spread laterally at the enamel-dentin junction? A histolopathological study. Clin Oral Investig. 1998;2(1):15–20.
41. Bjørndal L, Kidd EA. The treatment of deep dentine caries lesions. Dent Update. 2005;32(7):402–13.
42. Hart S, Hart T. Disorders of human dentin. Cells Tissues Organs. 2007;186(1):70–7.
43. Landis WJ, Song MJ, Leith A, McEwen L, McEwen BF. Mineral and organic matrix interaction in normally calcifying tendon visualized in 3 dimensions by high-voltage electron-microscopic tomography and graphic image-reconstruction. J Struct Biol. 1993;110(1):39–54.
44. Baum LJ. Dentinal pulp conditions in relation to caries lesions. Int Dent J. 1970;20:309–37.
45. Ritter A V. Dental Caries: Etiology, Clinical Characteristics, Risk Assessment, and Management. In: Ritter A V, Boushell LW, Walter R, editors. Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry. 7th ed. St. Louis: Mosby/Elsevier; 2018. p. 64–9.
46. Bogra P, Garg N. Dental Caries. In: Garg N, Garg A, editors. Textbook of Operative Dentistry. 3rd ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd.; 2015. p. 55.
47. Bjørndal L, Mjör IA. Pulp-dentin biology in restorative dentistry. Part 4: Dental caries--characteristics of lesions and pulpal reactions. Quintessence Int (Berl). 2001;32(9):717–36.

48. Ogawa K, Yamashita Y, Ichijo T, Fusayama T. The Ultrastructure and Hardness of the Transparent Layer of Human Carious Dentin. J Dent Res. 1983;62(1):7–10.
49. Yoshiyama M, Urayama A, Kimochi T, Matsuo T, Pashley DH. Comparison of conventional vs self-etching adhesive bonds to caries-affected dentin. Oper Dent. 2000;25:163–9.
50. Kozemi R, Meiers J, Peppers K. Laboratory Research. Oper Dent. 2002;27:238–42.
51. Fusayama T. New concepts in operative dentistry. Differentiating two layers of carious dentin and using an adhesive resin. 1980;61–156.
52. Simon-Soro A, Mira A. Solving the etiology of dental caries. Trends Microbiol. 2015;23:76–82.
53. Rosier BT, Marsh PD, Mira A. Resilience of the oral microbiota in health: mechanisms that prevent dysbiosis. J Dent Res. 2018;97:371–80.
54. Chaffee BW, Feldens CA, Rodrigues PH, Vítolo MR. Feeding practices in infancy associated with caries incidence in early childhood. Community Dent Oral Epidemiol. 2015;43:338–48.
55. Peres KG, Chaffee BW, Feldens CA. Breastfeeding and oral health: evidence and methodological challenges. J Dent Res. 2018;97(3):251–8.
56. Fass EN. Is bottle feeding of milk a factor in dental caries? J Dent Child. 1962;24:245–51.
57. Tinanoff N, Baez RJ, Diaz Guillory C, Donly KJ, Feldens CA, McGrath C, et al. Early childhood caries epidemiology, aetiology, risk assessment, societal burden, management, education, and policy: global perspective. Int J Paediatr Dent. 2019;29(3):238–48.
58. Tungare S, Paranjpe AG. Early Childhood Caries. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL); 2025.
59. Sheiham A. Dental caries affects body weight, growth and quality of life in pre-school children. Br Dent J. 2006;201(10):625–6.
60. Petersen PE, Estupinan-Day S, Ndiaye C. WHO's action for continuous improvement in oral health. Bull World Health Organ. 2005;83(9):642.
61. Banerjee A, Watson TF. Pickard's Guide to Minimally Invasive Operative Dentistry. 10th ed. Oxford: Oxford University Press; 2015.
62. Hayashi M, Fujitani M, Yamaki C, Momoi Y. Ways of enhancing pulp preservation by stepwise excavation—a systematic review. J Dent. 2011;39(2):95–107.
63. Magnusson B. Stepwise excavation of deep carious lesions in primary molars. J Int Assoc Dent Child. 1977;8:36–40.
64. Ritter A V, Browning WD, Swift EJJr. Critical appraisal. Partial caries excavation. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry: Official Publication of the American Academy of Esthetic Dentistry. 2012;24(2):148–52.
65. Lee HH, Milgrom P, Starks W, Burke W. Trends in death associated with pediatric dental sedation and general anesthesia. Pediatric Anesthesiology. 2013;23:741–6.

66. Lee H, Milgrom P, Huebner CE, Weinstein P, Burke W. Ethics rounds: death after pediatric dental anesthesia: an avoidable tragedy? Pediatrics. 2017;140(6):e20172370.
67. Orser BA, Suresh S, Evers AS. SmartTots update regarding anesthetic neurotoxicity in the developing brain. Anesth Analg. 2018;126:1393–6.
68. Dentistry AA of P. Use of anesthesia providers in the administration of office-based deep sedation/general anesthesia to the pediatric dental patient. In: The Reference Manual of Pediatric Dentistry. Chicago, Ill.: American Academy of Pediatric Dentistry; 2024. p. 430–4.
69. Stratmann G, Lee J, Sall JW, Lee BH, Alvi RSR. Effect of general anesthesia in infancy on long-term recognition memory in humans and rats. Neuropsychopharmacology. 2014;28:2275–87.
70. Cameron AC, Widmer RP, editors. Restorative Paediatric Dentistry. In: Handbook of Paediatric Dentistry. 3rd ed. Philadelphia: Elsevier Limited; 2008. p. 83.
71. Calvo JM, Obadan-Udoh E, Walji M, Kalenderian E. Adverse events in pediatric dentistry: an exploratory study. Pediatr Dent. 2019;41:455–67.
72. Marwah N, Raisinghani D. Minimal Intervention. In: Textbook of Pediatric Dentistry. 3rd ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd.; 2014.
73. Pitts NB, Ekstrand KR. International Caries Detection and Assessment System (ICDAS) and its International Caries Classification and Management System (ICCMS) – methods for staging of the caries process and enabling dentists to manage caries. Community Dent Oral Epidemiol. 2013;41:e41–52.
74. Abou Neel EA, Aljabo A. Demineralization–remineralization dynamics in teeth and bone. Int J Nanomedicine. 2016;11:4743–63.
75. Gold J. Silver Diamine Fluoride Prevents Caries in Primary Teeth Superior to No Treatment, Placebo, or Fluoride Varnish. Journal of Evidence-Based Dental Practice. 2020;20(1):101422.
76. Abou Neel EA, Bozec L, Perez RA, Kim HW, Knowles JC. Nanotechnology in dentistry: prevention, diagnosis, and therapy. Int J Nanomedicine. 2015;10:6371–94.
77. Gungor OE, Kirzioglu Z, Kivanc M. Probiotics: can they be used to improve oral health? Benef Microbes. 2015 Oct 15;6(5):647–56.
78. Azarpazhooh A, Limeback H. Clinical efficacy of casein derivatives: a systematic review of the literature. Journal of the American Dental Association. 2008;139(7):915–24.
79. Reynolds EC. Calcium phosphate-based remineralization systems: scientific evidence? Aust Dent J. 2008;53(3):268–73.
80. Smits MT, Arends J. Influence of Xylitol- and/or Fluoride-Containing Toothpastes on the Remineralization of Surface Softened Enamel Defects in vivo. Caries Res. 1985;19(6):528–35.

81. Dawasaz AA, Togoo RA, Mahmood Z, Ahmad A, Thirumulu Ponnuraj K. Remineralization of Dentinal Lesions Using Biomimetic Agents: A Systematic Review and Meta-Analysis. Biomimetics. 2023 Apr 15;8(2):159.
82. Fejerskov O, Cury JA, Tenuta LMA, Manji F. Fluorides in Caries Control. In: Fejerskov O, Nyvad B, editors. Dental Caries: The Disease and Its Clinical Management. 4th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Ltd.; 2025. p. 289.
83. Oliveby A, Twetman S, Ekstrand J. Diurnal fluoride concentration in whole saliva in children living in a high- and a low-fluoride area. Caries Res. 1990;24(1):44–7.
84. Oliveby A, Lagerlöf F, Ekstrand J, Dawes C. Studies on fluoride concentrations in human submandibular/sublingual saliva and their relation to flow rate and plasma fluoride levels. J Dent Res. 1989;68:146–9.
85. Aasenden R, Peebles TC. Effects of fluoride supplementation from birth on human primary and permanent teeth. Arch Oral Biol. 1974;19:321–6.
86. Thylstrup A, Fejerskov O, Bruun C, Kann J. Enamel changes and dental caries in 7-year-old children given fluoride tablets from shortly after birth. Caries Res. 1979;13:265–76.
87. Kalsbeek H, Verrips E, Dirks OB. Use of fluoride tablets and effect on prevalence of dental caries and dental fluorosis. Community Dent Oral Epidemiol. 1992;20:241–5.
88. Elbek Ç, Sabah E. İnsanda Flor Metabolizması. Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2021;
89. Çehreli ZC, Ballıkaya E. Gümüş Diamin Florürün Çürük Yönetimindeki Yeri. Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences. 2020;2:276–84.
90. Bostancı B, Korkut E, Ünlü N. Başlangıç Mine Lezyonlarının Flor İçermeyen ve Operatif Olmayan Tedavi Yöntemleri. Türkiye Klinikleri Journal of Restorative Dentistry. 2017;
91. Cameron A, Widmer R. Preventive and Minimally Invasive Dentistry. In: Cameron A, Widmer R, editors. Handbook of Pediatric Dentistry. 5th ed. Elsevier; 2021.
92. Pearce EIF, Jenkins GN. The decomposition of monofluorophosphate by enzymes in whole human saliva. Arch Oral Biol. 1977;22:405–7.
93. Cury JA, do Amaral RC, Tenuta LM, Del Bel Cury AA, Tabchoury CP. Low-fluoride toothpaste and deciduous enamel demineralization under biofilm accumulation and sucrose exposure. Eur J Oral Sci. 2010;118:370–5.
94. Cenci MS, Tenuta LM, Pereira-Cenci T, Del Bel Cury AA, ten Cate JM, Cury JA. Effect of microleakage and fluoride on enamel-dentine demineralization around restorations. Caries Res. 2008;42:369–79.
95. Ekstrand J, Oliveby A. Fluoride in the oral environment. Acta Odontol Scand. 1999;57(6):330–3.
96. Toumba KJ, Twetman S, Splieth C, Parnell C, van Loveren C, Lygidakis NA. Guidelines on the use of fluoride for caries prevention in children: an updated EAPD policy document. European Archives of Paediatric Dentistry. 2019;20(6):507–16.

97. Slayton RL, Urquhart O, Araujo MWB, Fontana M, Guzmán-Armstrong S. Evidence-based clinical practice guideline on nonrestorative treatments for carious lesions. Journal of the American Dental Association. 2018;149:837–49.
98. Honkala S, ElSalhy M, Shyama M, Al-Mutawa SA, Boodai H, Honkala E. Sealant versus fluoride in primary molars of kindergarten children regularly receiving fluoride varnish: one-year randomized clinical trial follow-up. Caries Res. 2015;49:458–66.
99. Agrawal N, Pushpanjali K. Feasibility of including APF gel application in a school oral health promotion program as a caries-preventive agent: a community intervention trial. J Oral Sci. 2011;53:185–91.
100. Florio FM, Pereira AC, Meneghim MdeC, Ramacciato JC. Evaluation of non-invasive treatment applied to occlusal surfaces. American Society of Dentistry for Children. 2001;68 SP 326:331.
101. Autio-Gold JT, Courts F. Assessing the effect of fluoride varnish on early enamel carious lesions in the primary dentition. Journal of the American Dental Association. 2001;132:1247–53.
102. Nishino M, Yoshida S, Sobue S, Kato J, Nishida M. Effect of topically applied ammoniacal silver fluoride on dental caries in children. Journal of Osaka University Dental School. 1969;9:149–55.
103. Gao SS, Zhang S, Mei ML, Lo ECM, Chu CH. Caries remineralisation and arresting effect in children by professionally applied fluoride treatment — a systematic review. BMC Oral Health. 2016;16(1):12.
104. Llodra JC, Rodriguez A, Ferrer B, Menardia V, Ramos T, Morato M. Efficacy of silver diamine fluoride for caries reduction in primary teeth and first permanent molars of schoolchildren: 36-month clinical trial. Practitioner. 2005;249(1675):721–4.
105. Clemens J, Gold J, Chaffin J. Effect and acceptance of silver diamine fluoride treatment on dental caries in primary teeth. J Public Health Dent. 2018;78(1):63–8.
106. Scherer MM, Lunkes NF, Soares IPM, de Oliveira CA, Imparato JCP, Hebling J, et al. Does silver diammine fluoride concentration influence on bonding to carious dentinal lesions in primary teeth? European Archives of Paediatric Dentistry. 2022 Oct 26;23(5):813–20.
107. Subbiah GK, Gopinathan NM. Is Silver Diamine Fluoride Effective in Preventing and Arresting Caries in Elderly Adults? A Systematic Review. J Int Soc Prev Community Dent. 2018;8:191–9.
108. Vishwanath N, Whitaker C, Allu S, Clippert D, Jouffroy E, Hong J, et al. Silver as an Antibiotic-Independent Antimicrobial: Review of Current Formulations and Clinical Relevance. Surg Infect. 2022;23:769–80.
109. Peng JY, Botelho MG, Matinlinna JP. Silver compounds used in dentistry for caries management: a review. J Dent. 2012;40:531–41.
110. Percival SL, Bowler P, Russell D. Bacterial resistance to silver in wound care. Journal of Hospital Infection. 2005;60:1–7.

111. Kim JS, Kuk E, Yu KN. Antimicrobial effects of silver nanoparticles. Nanomedicine. 2007;3:95–101.
112. Savaş S, Küçükyilmaz E. Diş hekimliğinde kullanilan remineralizasyon ajanlari ve çürük önleyici ajanlar. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2014;24:113–25.
113. Khor MMY, Rosa V, Sim CJ, Hong CHL, Hu S. SMART: Silver Diamine Fluoride Reduces Microtensile Bond Strength of Glass Ionomer Cement to Sound and Artificial Caries-Affected Dentin. Dent Mater J. 2022;41:698–704.
114. Mei ML, Ito L, Cao Y, Li QL, Lo ECM, Chu CH. Inhibitory Effect of Silver Diamine Fluoride on Dentine Demineralisation and Collagen Degradation. J Dent. 2013;41:809–17.
115. Gotjamanos T. Pulp Response in Primary Teeth with Deep Residual Caries Treated with Silver Fluoride and Glass Ionomer Cement ('Atraumatic' Technique). Aust Dent J. 1996;41:328–34.
116. Knight G, McIntyre J, Craig G. Ion uptake into demineralized dentine from glass ionomer cement following pretreatment with silver fluoride and potassium iodide. Aust Dent J. 2006;51:237–41.
117. Nishino M, Massler M. Immunization of Caries-susceptible Pits and Fissures with a Diamine Silver Fluoride Solution. Japanese Journal of Pedodontics. 1972;10:6–11.
118. Chu CH, Lo ECM. Microhardness of dentine in primary teeth after topical fluoride applications. J Dent. 2008 Jun;36(6):387–91.
119. Mei ML, Ito L, Cao Y, Lo ECM, Li QL, Chu CH. An ex vivo study of arrested primary teeth caries with silver diamine fluoride therapy. J Dent. 2014 Apr;42(4):395–402.
120. Knight GM, McIntyre JM, Craig GG, Mulyani, Zilm PS, Gully NJ. Inability to form a biofilm of Streptococcus mutans on silver fluoride- and potassium iodide-treated demineralized dentin. Quintessence Int. 2009 Feb;40(2):155–61.
121. Wakshlak RBK, Pedahzur R, Avnir D. Antibacterial activity of silver-killed bacteria: the 'zombies' effect. Sci Rep. 2015 Apr 23;5(1):9555.
122. Braga MM, Mendes FM, De Benedetto MS, al. et. Effect of silverdiammine fluoride on incipient caries lesions in erupting permanent first molars: a pilot study. J Dent Child. 2009;76:28–33.
123. Mei ML, Lo ECM, Chu CH. Clinical use of silver diamine fluoride in dental treatment. Compendium of Continuing Education in Dentistry. 2016;37:93–8.
124. Shimizu A. Effect of diammine silver fluoride on recurrent caries. Japanese Journal of Conservative Dentistry. 1974;17:183–201.
125. Crystal YO, Janal MN, Hamilton DS, Niederman R. Parental perceptions and acceptance of silver diamine fluoride staining. Journal of the American Dental Association. 2017;148(7):510–8.
126. Zhao IS, Mei ML, Burrow MF, Lo ECM, Chu CH. Effect of silver diamine fluoride and potassium iodide treatment on secondary caries prevention and tooth discolouration in cervical glass ionomer cement restoration. Int J Mol Sci. 2017;18:340.

127. Van Duker M, Hayashi J, Chan DC, Tagami J, Sadr A. Effect of silver diamine fluoride and potassium iodide on bonding to demineralized dentin. Am J Dent. 2019 Jun;32(3):143–6.
128. Seto J, Horst J, Parkinson D, Frachella J, DeRisi J. Silver microwires from treating tooth decay with silver diamine fluoride. bioRxiv. 2017;1:152199.
129. Mei ML, Chu CH, Lo ECM, Samaranayake LP. Fluoride and Silver Concentrations of Silver Diammine Fluoride Solutions for Dental Use. Int J Paediatr Dent. 2013;23:279–85.
130. Horst JA. Silver Fluoride as a Treatment for Dental Caries. Adv Dent Res. 2018;29:135–40.
131. Chu CH, Lo ECM, Lin HC. Effectiveness of Silver Diamine Fluoride and Sodium Fluoride Varnish in Arresting Dentin Caries in Chinese Pre-School Children. J Dent Res. 2002;81:767–70.
132. Liu Y, Zhai W, Du F. Clinical observation of treatment of tooth hypersensitiveness with silver ammonia fluoride and potassium nitrate solution. Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi. 1995;30:352–4.
133. Paris S, Hopfenmuller W, Meyer-Lueckel H. Resin infiltration of caries lesions: An efficacy randomized trial. J Dent Res. 2010;89(8):823–6.
134. Meyer-Lueckel H, Bitter K, Paris S. Randomized controlled clinical trial on proximal caries infiltration: Three-year follow-up. Caries Res. 2012;46(6):544–8.
135. Lee J, Chen JW, Omar S, Kwon SR, Meharry M. Evaluation of stain penetration by beverages in demineralized enamel treated with resin infiltration. Oper Dent. 2016;41(1):93–102.
136. Dorri M, Dunne SM, Walsh T, Schwendicke F. Micro-invasive interventions for managing proximal dental decay in primary and permanent teeth. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2015;(11):CD010431.
137. Sarti CS, Vizzotto MB, Filgueiras L V, Bonifácio CC, Rodrigues JA. Two-year split-mouth randomized controlled clinical trial on the progression of proximal carious lesions on primary molars after resin infiltration. Pediatr Dent. 2020;42(2):110–5.
138. Tellez M, Gomez J, Kaur S, Pretty IA, Ellwood R, Ismail AI. Non-surgical management methods of noncavitated carious lesions. Community Dent Oral Epidemiol. 2013;41(1):79–96.
139. Neuhaus KW, Schlafer S, Lussi A, Nyvad B. Infiltration of natural caries lesions in relation to their activity status and acid pretreatment in vitro. Caries Res. 2013;47(3):203–10.
140. Kher MS. Resin Infiltration. In: Contemporary Treatment Techniques in Pediatric Dentistry. Cham: Springer Nature Switzerland AG; 2019. p. 21.
141. Marwah N, Ahuja S. Pit and Fissure Sealants. In: ed. 3rd, editor. Textbook of Pediatric Dentistry. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2014. p. 252–67.
142. Murdoch-Kinch CA, McLean ME. Minimally Invasive Dentistry. Journal of the American Dental Association. 2003;134:87.

143. Christensen GJ. The advantages of minimally invasive dentistry. Journal of the American Dental Association. 2005;136:1563.
144. Ericson D. What is minimally invasive dentistry? Oral Health Prev Dent. 2004;2:287.
145. Desai H, Stewart C, Finer Y. Minimally Invasive Therapies for the Management of Dental Caries—A Literature Review. Dent J (Basel). 2021 Dec 7;9(12):147.
146. Schwendicke F, Dörfer CE, Paris S. Incomplete caries removal: a systematic review and meta-analysis. J Dent Res. 2013;92:306–14.
147. Bjørndal L. The caries process and its effect on the pulp: the science is changing and so is our understanding. J Endod. 2008;34(9 Suppl):S2–5.
148. Bjørndal J, Larsen T. Changes in the cultivable flora in deep carious lesions following a stepwise excavation procedure. Caries Res. 2000;34:502–8.
149. Lula CEO, Montero-Neto V, Alves CMC, Ribeiro CCC. Microbiological analysis after complete or partial caries removal of carious dentin in primary teeth: a randomized controlled clinical trial. Caries Res. 2009;43:354–8.
150. Ten Cate JM, Nyvad B, van de Plassche-Simons YM, Fejerskov O. A quantitative analysis of mineral loss and shrinkage of in vitro demineralized human root surfaces. J Dent Res. 1991;70:1371–4.
151. Kidd EAM. How 'clean' must a cavity be before restoration? Caries Res. 2004;38:305–13.
152. Maltz M, Garcia R, Jardim J, De Paula L, Yamaguti P, Moura M, et al. Randomized trial of partial vs. stepwise caries removal: 3-year follow-up. J Dent Res. 2012;91(11):1026–31.
153. Frankenberger R, Dudek MC, Krämer N, Winter J, Roggendorf MJ. The 10 most popular mistakes in adhesive dentistry. Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift International. 2022;4:111–7.
154. Dentistry AA of P. Pediatric Restorative Dentistry. In: The Reference Manual of Pediatric Dentistry. Chicago, IL: American Academy of Pediatric Dentistry; 2022. p. 401–14.
155. Schwendicke F, Frencken JE, Bjørndal L, Maltz M, Manton DJ, Ricketts D, et al. Managing Caries Lesions: Consensus Recommendations on Carious Tissue Removal. Adv Dent Res. 2016;28:58–67.
156. Schwendicke F. Contemporary concepts in carious tissue removal: a review. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. 2017;29(6):403–8.
157. Innes NP, Manton DJ. Minimum intervention children's dentistry – the starting point for a lifetime of oral health. Br Dent J. 2017;223(3):205–13.
158. Evans D, Innes N. The Hall technique. A minimal intervention, child centred approach to managing the carious primary molar: a users manual. 3rd, editor. Dundee: University of Dundee; 2010.
159. Innes NPT, Evans DJP. The Hall technique as a new method for managing caries in primary molars: is it really a revolution? In: Splieth CH, editor. Revolutions in Pediatric Dentistry. Berlin: Quintessence; 2011. p. 151–62.

160. Schwendicke F, Innes N. Removal strategies for carious tissues in deep lesions. In: Schwendicke F, editor. Management of Deep Carious Lesions. New York, NY: Springer; 2018. p. 15–35.
161. BaniHani A, Toumba K, Duggal M, Deery CH. Outcomes of the conventional and biological treatment approaches for the management of caries in the primary dentition. Int J Paediatr Dent. 2018;28:12.
162. BaniHani A, Deery C, Toumba K, Duggal M. Effectiveness, costs and patient acceptance of a conventional and a biological treatment approach for carious primary teeth in children. Caries Res. 2019;53:65–75.
163. Paddick JS, Brailsford SR, Kidd EA, Beighton D. Phenotypic and genotypic selection of microbiota surviving under dental restorations. Appl Environ Microbiol. 2005;71(5):2467–72.
164. Holmgren CJ, Roux D, Doméjean S. Minimal intervention dentistry: Part 5. Atraumatic restorative treatment (ART)—A minimum intervention and minimally invasive approach for the management of dental caries. Br Dent J. 2013;214:11–8.
165. Freitas MCC, Fagundes TC, Modena KC, Cardia GS, Navarro MF. Randomized clinical trial of encapsulated and hand-mixed glass-ionomer ART restorations: one-year follow-up. Journal of Applied Oral Science. 2018;26(0):1–8.
166. Bresciani E, Carvalho W, Pereira L, Barata T, García-Godoy F, Navarro M. Six-month evaluation of ART one-surface restorations in a community with high caries experience in Brazil. Journal of Applied Oral Science. 2005;13(2):180–6.
167. van 't Hof MA, Frencken JE, van Palenstein Helderman WH, Holmgren CJ. The atraumatic restorative treatment (ART) approach for managing dental caries: a meta-analysis. Int Dent J. 2006;56(6):345–51.
168. Kevin HK, Smales RJ, Gao W, Peng D. The effects of two cavity preparation methods on the longevity of glass ionomer cement restorations: an evaluation after 12 months. Journal of the American Dental Association. 2002;133(6):744–51.
169. Roeleveld AC, van Amerongen WE, Mandari GJ. Influence of residual caries and cervical gaps on the survival rate of Class II glass ionomer restorations. European Archives of Paediatric Dentistry. 2006;7(2):85–91.
170. Hegde D, Suprabha BS, Rao A. Silver modified atraumatic restorative treatment: a paradigm shift in dental caries management. Prim Dent J. 2024;13(2):29–35.
171. Natarajan D. Silver Modified Atraumatic Restorative Technique: A Way Towards "SMART" Pediatric Dentistry During the COVID-19 Pandemic. Front Dent. 2022;19(12):12.
172. Horst JA, Ellenikiotis H, Milgrom PL. UCSF Protocol for Caries Arrest Using Silver Diamine Fluoride: Rationale, Indications and Consent. J Calif Dent Assoc. 2016;44(1):16–28.
173. Wakhloo T, Reddy SG, Sharma SK, al. et. Silver diamine fluoride versus atraumatic restorative treatment in pediatric dental caries management: A

systematic review and meta-analysis. J Int Soc Prev Community Dent. 2021;11(4):367–75.
174. Fung MHT, Duangthip D, Wong MCM, al. et. Randomized clinical trial of 12% and 38% silver diamine fluoride treatment. J Dent Res. 2018;97(2):171–8.
175. Jiang M, Wong MCM, Chu CH, al. et. Effects of restoring SDF-treated and untreated dentine caries lesions on parental satisfaction and oral health related quality of life of preschool children. J Dent. 2019;88:103171.
176. Jiang M, Wong MCM, Chu CH, al. et. A 24-month randomized controlled trial on the success rates of restoring untreated and SDF-treated dentine caries lesions in primary teeth with the ART approach. J Dent. 2020;100:103435.
177. Crystal YO, Niederman R. Evidence-based dentistry update on silver diamine fluoride. Dent Clin North Am. 2019;63(1):45–68.
178. Hamdy D, Giraki M, Abd Elaziz A, al. et. Laboratory evaluation of the potential masking of color changes produced by silver diamine fluoride in primary molars. BMC Oral Health. 2021;21(1):337.
179. Aly AAM, Aziz AMA, Elghazawy RK, al. et. Survival Analysis and Cost Effectiveness of Silver Modified Atraumatic Restorative Treatment (SMART) and ART Occlusal Restorations in Primary Molars: a randomized controlled trial. J Dent. 2023;128:104379.
180. Young DA, Quock RL, Horst J, al. et. Clinical Instructions for Using Silver Diamine Fluoride (SDF) in Dental Caries Management. Compendium of Continuing Education in Dentistry. 2021;42(6):e5–9.
181. Tjaderhane L, Nascimento FD, Breschi L, al. et. Strategies to prevent hydrolytic degradation of the hybrid layer: A review. Dental Materials. 2013;29:999–1011.
182. Erhardt MCG, Toledano M, Osorio R, Pimenta LA. Histomorphologic characterization and bond strength evaluation of caries-affected dentin/resin interfaces: Effects of long-term water exposure. Dental Materials. 2008;24:786–98.
183. Wang Y, Spencer P, Walker MP. Chemical profile of adhesive/caries-affected dentin interfaces using raman microspectroscopy. J Biomed Mater Res A. 2007;81:279–86.
184. Liu Y, Kim YK, Dai L, al. et. Hierarchical and non-hierarchical mineralisation of collagen. Biomaterials. 2011;32:1291–300.
185. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. Dental Materials. 1985;1:11–4.
186. Jones JR. Reprint of: Review of bioactive glass: From Hench to hybrids. Acta Biomater. 2015;
187. Tjaderhane L, Nascimento FD, Breschi L, al. et. Optimizing dentin bond durability: control of collagen degradation by matrix metalloproteinases and cysteine cathepsins. Dental Materials. 2013;29:116–35.
188. Visse R, Nagase H. Matrix metalloproteinases and tissue inhibitors of metalloproteinases: structure, function, and biochemistry. Circ Res. 2003;92:827–39.

189. Boelen GJ, Boute L, d'Hoop J, EzEldeen M, Lambrichts I, Opdenakker G. Matrix metalloproteinases and inhibitors in dentistry. Clin Oral Investig. 2019;23:2823–35.
190. McCabe JF. Resin-modified glass-ionomers. Biomaterials. 1998;19:521–7.
191. Garoushi S, Vallittu PK, Lassila L. Characterization of fluoride releasing restorative dental materials. Dent Mater J. 2018;37(2):293–300.
192. Vallittu PK, Boccaccini AR, Hupa L, Watts DC. Bioactive dental materials—Do they exist and what does bioactivity mean? Dental Materials. 2018 May;34(5):693–4.
193. Nicholson JW. Polyacid-modified composite resins ("compomers") and their use in clinical dentistry. Dental Materials. 2007;23:615–22.
194. Meyer J, Cattani-Lorente M, Dupuis V. Compomers: Between glass-ionomer cements and composites. Biomaterials. 1998;19:529–39.
195. Eliades G, Kakaboura A, Palaghias G. Acid-base reaction and fluoride release profiles in visible light-cured polyacid-modified composite restoratives (compomers). Dental Materials. 1998;14:57–63.
196. Adusei GO, Deb S, Nicholson JW. The role of the ionomer glass component in polyacid-modified composite resin dental restorative materials. Journal of Materials Science: Materials in Electronics. 2004;15:751–4.
197. Bansal R, Bansal T. A Comparative Evaluation of the Amount of Fluoride Release and Re-Release after Recharging from Aesthetic Restorative Materials: An in Vitro Study. Journal of Clinical and Diagnostic Research. 2015;9:ZC11–4.
198. Francois P, Fouquet V, Attal JP, Dursun E. Commercially available fluoride-releasing restorative materials: A review and a proposal for classification. Vol. 13, Materials. MDPI AG; 2020.
199. Hickel R, Dasch W, Janda R, Tyas M, Anusavice K. New direct restorative materials. FDI Commission Project. Int Dent J. 1998;48(1):3–16.
200. Antos AP, Moreira IKD, Scarpelli AC, Pordeus IA, Paiva SM, Martins CC. Survival of Adhesive Restorations for Primary Molars: A Systematic Review and Meta-analysis of Clinical Trials. Pediatr Dent. 2016;38:370–8.
201. Tay F, Pashley E, Huang C, Hashimoto M, Sano H, Smales R, et al. The glass-ionomer phase in resin-based restorative materials. J Dent Res. 2001;80:1808–12.
202. Colceriu Burtea L, Prejmerean C, Prodan D, Baldea I, Vlassa M, Filip M, et al. New Pre-reacted Glass Containing Dental Composites (giomers) with Improved Fluoride Release and Biocompatibility. Materials. 2019;12:4021.
203. Van Dijken JW. A 6-year prospective evaluation of a one-step HEMA-free self-etching adhesive in Class II restorations. Dental Materials. 2013;29:1116–22.
204. 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.

205. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M. Depth of cure, flexural properties and volumetric shrinkage of low and high viscosity bulk-fill giomers and resin composites. Dent Mater J. 2017;36:205–13.
206. McCabe JF, Rusby SW. Water absorption, dimensional change and radial pressure in resin matrix dental restorative materials. Biomaterials. 2004;25:4001–7.
207. Han L, Cv E, Li M, Niwano K, Ab N, Okamoto A, et al. Effect of Fluoride Mouth Rinse on Fluoride Releasing and Recharging from Aesthetic Dental Materials. Dent Mater J. 2002;21:285–95.
208. Sunico MC, Shinkai K, Katoh Y. Two-year clinical performance of occlusal and cervical giomer restorations. Oper Dent. 2005;30:282–9.
209. Van Dijken JW, Pallesen U, Benetti A. A randomized controlled evaluation of posterior resin restorations of an altered resin modified glass-ionomer cement with claimed bioactivity. Dental Materials. 2019;35:335–43.
210. Pameijer CH, Garcia-Godoy F, Morrow BR, Jefferies SR. Flexural strength and flexural fatigue properties of resin-modified glass ionomers. Journal of Clinical Dentistry. 2015;26:23–7.
211. May E, Donly KJ. Fluoride release and re-release from a bioactive restorative material. Am J Dent. 2017;30(6):305–8.
212. Pulpdent Corporation. Pulpdent. 2024. ACTIVA BioACTIVE Overview: Bioactive Properties. Available from: https://www.pulpdent.com/activa-bioactive-overview/#bioactive-properties
213. Ilie N. Comparative effect of self- or dual-curing on polymerization kinetics and mechanical properties in a novel, dental-resin-based composite with alkaline filler. Materials. 2018;11(1):108.
214. Hiremath G, Horati P, Naik B. Evaluation and comparison of flexural strength of Cention N with resin-modified glass-ionomer cement and composite - An in vitro study. J Conserv Dent. 2022;25(3):288–91.
215. Marovic D, Par M, Posavec K, Marić I, Štajdohar D, Muradbegović A, et al. Long-Term Assessment of Contemporary Ion-Releasing Restorative Dental Materials. Materials. 2022 Jun 7;15(12):4042.
216. Bonchev A, Bogovska-Gigova R. Alkasites in restorative dentistry: a review of their performance and properties. J Dent. 2025 Sep;160:105916.
217. Abuljadayel R, Aljadani N, Almutairi H, Turkistani A. Effect of Antibacterial Agents on Dentin Bond Strength of Bioactive Restorative Materials. Polymers (Basel). 2023 Jun 8;15(12):2612.
218. Bowen RL, Marjenhoff WAM. Dental composites/glass ionomers: the materials. Adv Dent Res. 1992;6:44–9.
219. McLean JW, Nicholson JW, Wilson AD. Guest Editorial: Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. Quintessence Int (Berl). 1994;25:587–9.
220. Nicholson JW. Chemistry of glass-ionomer cements: A review. Biomaterials. 1998;6:485–94.

221. Hill RG, Wilson AD. Some structural aspects of glasses used in ionomer cements. Glass Technology. 1988;29:150–88.
222. Zainuddin N, Karpukhina N, Hill RG, Law R V. A long-term study on the setting reaction of glass ionomer cements by 27Al MAS-NMR spectroscopy. Dental Materials. 2009;25:290–5.
223. Mount GJ. Color Atlas of Glass Ionomer Cement. 2nd, editor. London, UK: Martin Dunitz; 2002.
224. Lewis SM, Coleman NJ, Booth SE, Nicholson JW. Interaction of aluminium fluoride complexes derived from glass-ionomer cements with hydroxyapatite. Ceramics - Silikáty. 2013;57:196–200.
225. Creanor SL, Carruthers LMC, Saunders WP, Strang R, Foye RH. Fluoride uptake and release characteristics of glass ionomer cements. Caries Res. 1994;28:322–8.
226. Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, De Munck J, van Landuyt K, Lambrechts P. Glass-ionomer adhesion: The mechanisms at the interface. J Dent. 2006;34:615–7.
227. Ngo HG, Mount GJ, Peters MCRB. A study of glass-ionomer cement and its interface with enamel and dentin using a low-temperature, high-resolution scanning electron microscopic technique. Quintessence Int (Berl). 1997;28:63–9.
228. Okada K, Tosaki S, Hirota K, Hume WR. Surface hardness change of restorative filling materials stored in saliva. Dental Materials. 2001;17:34–9.
229. Sidhu S, Nicholson J. A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. J Funct Biomater. 2016 Jun 28;7(3):16.
230. Hien-Chi N, Mount G, McIntyre J, Tuisuva J, Von Doussa RJ. Chemical exchange between glass-ionomer restorations and residual carious dentine in permanent molars: An in vivo study. J Dent. 2006;34:608–13.
231. Babazadeh-Zavareh F, Gibbs T, Meyers IA, Bouzari M, Mortazavi S, Walsh LJ. Recharge pattern of contemporary glass ionomer restoratives. Dental Research Journal (Isfahan). 2012;9:139–45.
232. Van Duinen RNB, Davidson CL, de Gee A, Feilzer AJ. In situ transformation of glass-ionomer into an enamel-like material. Am J Dent. 2004;17:223–7.
233. Kervanto-Seppala S, Lavonius E, Pietila I, Pitkaniemi J, Meuman JH, Kerosuo E. Comparing the caries-preventive effect of two fissure sealing modalities in public health care: A single application of glass ionomer and a routine resin-based sealant programme. A randomized split-mouth clinical trial. Int J Paediatr Dent. 2008;18:56–61.
234. Czarnecka B, Nicholson JW. Ion release by resin-modified glass-ionomer cements into water and lactic acid solutions. J Dent. 2006;34:539–43.
235. Sidhu SK. Clinical evaluations of resin-modified glass-ionomer restorations. Dental Materials. 2010;26:7–12.
236. Cehreli SB, Tirali RE, Yalcinkava Z, Cehreli ZC. Microleakage of newly developed glass carbomer cement in primary teeth. Eur J Dent. 2013;7:15–21.

237. Zainuddin N, Karpukhina N, Hill RG, Law R V. Characterisation of remineralising Glass Carbomer® ionomer cement by MAS-NMR spectroscopy. Dental Materials. 2012;28:1051–8.
238. Van Duinen W, Van Duinen RN. Self hardening glass carbomer composition. United States Patent and Trademark Office; 2004.
239. Agostini FG, Kaaden C, Powers J. Bond strength of self-etching primers to enamel and dentin of primary teeth. Pediatr Dent. 2001;23(6):481–6.
240. Özçobanoğlu G, Durutürk L. Süt dişlerinde pulpa ve dentinin histolojik yapısal özellikleri. Acta Odontologica Turcica. 2013;30(2):99–109.
241. Öz Ö, Seçilmiş A, Aydin C. Adezyon ve Rezin Simanlar. ADO Klinik Bilimler Dergisi. 2013;7(1):1441–7.
242. Arhun N, Oğlakçı B. Adezyon ve Adeziv Sistemler. Türkiye Klinikleri Journal of Restorative Dentistry. 2017;3(3):113–27.
243. Nanavati K, Katge F, Chimata V, Pradhan D, Kamble A, Patil D. Comparative Evaluation of Shear Bond Strength of Bioactive Restorative Material, Zirconia Reinforced Glass Ionomer Cement and Conventional Glass Ionomer Cement to the Dentinal Surface of Primary Molars: an in vitro Study. J Dent. 2021;22(4):260–6.
244. Ayaz F, Tağtekin D, Yanıkoğlu F. Dentinde Bağlanma ve Değerlendirme Metodları. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2011;Supplement 4:49–56.
245. Oilo G. Bond strength testing--what does it mean? Int Dent J. 1993;43(5):492–8.
246. Sirisha K, Rambabu T, Ravishankar Y, Ravikumar P. Validity of bond strength tests: A critical review-Part II. Journal of Conservative Dentistry [Internet]. 2014;17(5):420–6. Available from: https://doi.org/10.4103/0972-0707.139823
247. Auychai P, Khumtrakoon N, Jitongart C, Daomanee P, Laiteerapong A. Bond Strength and Microleakage of a Novel Glass Ionomer Cement Containing Silver Diamine Fluoride. Eur J Dent. 2022 Jul 17;16(03):606–11.
248. Silverstone LM. The surface zone in caries and in caries-like lesions produced in vitro. Br Dent J. 1968 Aug 20;125(4):145–57.
249. Marquezan M, Corrêa FNP, Sanabe ME, Rodrigues Filho LE, Hebling J, Guedes-Pinto AC, et al. Artificial methods of dentine caries induction: A hardness and morphological comparative study. Arch Oral Biol. 2009 Dec;54(12):1111–7.
250. Damato FA, Strang R, Stephen KW. Comparison of solution- and gel-prepared enamel lesions—and in vitro pH-cycling study. J Dent Res. 1988;67:1122–5.
251. White DJ, Faller R V, Bowman WD. Demineralization and remineralization evaluation techniques—added considerations. J Dent Res. 1992;71:929–33.
252. Al-Angari SS, Alayad AS. The Effect of Silver Diamine Fluoride on the Bond Strength of Cements to Enamel and Dentin. Coatings. 2025 Jan 1;15(1).
253. Zhao IS, Gao SS, Hiraishi N, Burrow MF, Mei ML, Lo EC, et al. Prevention of secondary caries by silver diamine fluoride. Int Dent J. 2020;70(6):424–32.

254. Somani R, Jaidka S, Singh DJ, Sibal GK. Comparative Evaluation of Shear Bond Strength of Various Glass Ionomer Cements to Dentin of Primary Teeth: An in vitro Study. Int J Clin Pediatr Dent. 2016 Sep;9(3):192–6.
255. Shim YS, Kim AH, Jeon EY, An SY. Dental fear & anxiety and dental pain in children and adolescents; a systemic review. J Dent Anesth Pain Med. 2015;15(2):53.
256. Almarzouq SSFS, Chua H, Yiu CKY, Lam PPY. Effectiveness of Nonpharmacological Behavioural Interventions in Managing Dental Fear and Anxiety among Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. Healthcare. 2024 Feb 23;12(5):537.
257. Paryab M, Hosseinbor M. Dental anxiety and behavioral problems: A study of prevalence and related factors among a group of Iranian children aged 6–12. Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry. 2013;31(2):82–6.
258. Kakkar M, Wahi A, Thakkar R, Vohra I, Shukla AK. Prevalence of dental anxiety in 10–14 years old children and its implications. J Dent Anesth Pain Med. 2016;16(3):199–202.
259. Park Y, Guzick AG, Schneider SC, Fuselier M, Wood JJ, Kerns CM, et al. Dental Anxiety in Children With Autism Spectrum Disorder: Understanding Frequency and Associated Variables. Front Psychiatry. 2022 Apr 7;13.
260. Banerjee A, Frencken JE, Schwendicke F, Innes NPT. Contemporary operative caries management: consensus recommendations on minimally invasive caries removal. Br Dent J. 2017;223:215–22.
261. Dallı M, Çolak H, Mustafa Hamidi M. Minimal intervention concept: a new paradigm for operative dentistry. J Investig Clin Dent. 2012 Aug 8;3(3):167–75.
262. Arrow P, Forrest H. Atraumatic restorative treatments reduce the need for dental general anaesthesia: a non-inferiority randomized, controlled trial. Aust Dent J. 2020 Jun 20;65(2):158–67.
263. Yip HK, Smales RJ, Yu C, Gao XJ, Deng DM. Comparison of atraumatic restorative treatment and conventional cavity preparations for glass-ionomer restorations in primary molars: one-year results. Quintessence Int. 2002 Jan;33(1):17–21.
264. Elhennawy K, Finke C, Paris S, Reda S, Jost-Brinkmann PG, Schwendicke F. Selective vs stepwise removal of deep carious lesions in primary molars: 24 months follow-up from a randomized controlled trial. Clin Oral Investig. 2021 Feb 28;25(2):645–52.
265. Ishan, Agarwal V, Shivlingesh KK. Anxiety Levels among Five-Year-Old Children Undergoing ART Restoration- A Cross-Sectional Study. Journal Of Clınıcal And Dıagnostıc Research. 2017;
266. Lo ECM, Holmgren CJ. Provision of Atraumatic Restorative Treatment (ART) restorations to Chinese pre-school children – a 30-month evaluation. Int J Paediatr Dent. 2001 Jan 21;11(1):3–10.

267. Mickenautsch S, Munshi I, Grossman ES. Comparative cost of ART and conventional treatment within a dental school clinic. SADJ. 2002 Feb;57(2):52–8.
268. Taifour D, Frencken JE, Beiruti N, van ‘t Hof MA, Truin GJ. Effectiveness of Glass-Ionomer (ART) and Amalgam Restorations in the Deciduous Dentition: Results after 3 Years. Caries Res. 2002;36(6):437–44.
269. Menezes-Silva R, Velasco SRM, Bastos RS, Molina G, Honório HM, Frencken JE, et al. Randomized clinical trial of class II restoration in permanent teeth comparing ART with composite resin after 12 months. Clin Oral Investig. 2019 Sep 6;23(9):3623–35.
270. Maru VP, Kulkarni P, Chauhan R, Bapat SS. Evaluation and comparison of silorane resin composite to glass ionomer in occluso-proximal restorations of primary molars. Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry. 2022 Jul;40(3):281–7.
271. ElGhandour RK, ElTekeya MMH, Sharaf AA. Effectiveness of silver diamine fluoride in arresting early childhood caries: a randomised controlled clinical trial. Eur J Paediatr Dent. 2024.
272. Bansal K, Shamoo A, Mani K, K PD, Verma A, Mathur VP, et al. Silver diamine fluoride modified atraumatic restorative treatment compared to conventional restorative technique on carious primary molars–A randomized controlled trial. J Dent. 2023 Nov;138:104698.
273. Mohapatra S, Mohandas R. Clinical Outcome Success of Silver-Modified Atraumatic Restorative Treatment (SMART) in Treating Children with Dental Caries in Primary Teeth: A Systematic Review. Journal of Health and Allied Sciences NU. 2025 Jan 29;15(01):004–10.
274. Sharawat N, Bansal K, Mathur VP, Tewari N, Morankar R, Mishra R. Evaluation of the success of single-visit versus two-visit silver modified atraumatic restorative technique (SMART) in primary molars- a randomized controlled trial. J Dent. 2025 May;156:105661.
275. Mulder R, Potgieter N, Noordien N. Penetration of SDF and AgF from the infected dentine towards the unaffected tooth structure. Frontiers in Oral Health. 2023 Dec 11;4.
276. François P, Greenwall-Cohen J, Le Goff S, Ruscassier N, Attal JP, Dursun E. Shear bond strength and interfacial analysis of high-viscosity glass ionomer cement bonded to dentin with protocols including silver diammine fluoride. J Oral Sci. 2020;62(4):444–8.
277. Gupta J, Thomas MS, Radhakrishna M, Srikant N, Ginjupalli K. Effect of silver diamine fluoride-potassium iodide and 2% chlorhexidine gluconate cavity cleansers on the bond strength and microleakage of resin-modified glass ionomer cement. J Conserv Dent. 2019;22(2):201–6.
278. Wang AS, Botelho MG, Tsoi JKH, Matinlinna JP. Effects of silver diammine fluoride on microtensile bond strength of GIC to dentine. Int J Adhes Adhes. 2016 Oct 1;70:196–203.

279. McIntyre J, Mulyani, Knight G. The effect of silver fluoride and potassium iodide on the bond strength of auto cure glass ionomer cement to dentine. 2006.
280. Faber J, Fonseca LM. How sample size influences research outcomes. Dental Press J Orthod. 2014;19(4):27–9.
281. Murthy SS, Murthy GS. Comparative Evaluation of Shear Bond Strength of Three Commercially Available Glass Ionomer Cements in Primary Teeth. J Int Oral Health. 2015 Aug;7(8):103–7.
282. Croll TP, Nicholson JW. Glass ionomer cements in pediatric dentistry: review of the literature. Pediatr Dent. 2002;24(5):423–9.
283. Calvo AFB, Alves FBT, Lenzi TL, Tedesco TK, Reis A, Loguercio AD, et al. Glass ionomer cements bond stability in caries-affected primary dentin. Int J Adhes Adhes. 2014 Jan;48:183–7.
284. Hershkovitz F, Cohen O, Zilberman U. Microhardness of three glass-ionomer cements during setting and up to 15 days in vitro, and after 5 to 10 years in vivo. Quintessence Int. 2020;51(6):440–6.
285. Diem VTK, Tyas MJ, Ngo HC, Phuong LH, Khanh ND. The effect of a nano-filled resin coating on the 3-year clinical performance of a conventional high-viscosity glass-ionomer cement. Clin Oral Investig. 2014 Apr;18(3):753–9.
286. Rekha Cv, Varma B, Jayanthi. Comparative evaluation of tensile bond strength and microleakage of conventional glass ionomer cement, resin modified glass ionomer cement and compomer: An in vitro study. Contemp Clin Dent. 2012;3(3):282.
287. Mitra SB. Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. J Dent Res. 1991;70:72–4.
288. Bhatia K, Nayak R, Ginjupal K. Comparative evaluation of a bioactive restorative material with resin modified glass ionomer for calcium-ion release and shear bond strength to dentin of primary teeth—an in vitro study. Journal of Clinical Pediatric Dentistry. 2022;46(6):25.
289. Kaptan A, Oznurhan F, Candan M. In Vitro Comparison of Surface Roughness, Flexural, and Microtensile Strength of Various Glass-Ionomer-Based Materials and a New Alkasite Restorative Material. Polymers (Basel). 2023 Jan 27;15(3):650.
290. Birant S, Gümüştaş B. The effect of thermal aging on microhardness and SEM/EDS for characterisation bioactive filling materials. BMC Oral Health. 2024 Sep 27;24(1):1142.
291. Adsul PS, Dhawan P, Tuli A, Khanduri N, Singh A. Evaluation and Comparison of Physical Properties of Cention N with Other Restorative Materials in Artificial Saliva: An In Vitro Study. Int J Clin Pediatr Dent. 2022;15(3):350–5.
292. Bodur ZB, Ciftci ZZ, Cengiz A, Karayilmaz H. Clinical Evaluation of Contemporary Ion Releasing Restorative Materials in Primary Molars Subjected to Selective Caries Removal: a randomised clinical trial. Eur J Paediatr Dent. 2025 Mar 1;26(1):61–8.
293. Arora D, Jain M, Suma Sogi HP, Shahi P, Gupta I, Sandhu M. In vivo evaluation of clinical performance of Cention N and glass ionomer cement in proximal

restorations of primary molars. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2022;40(1):23–9.
294. Samy FM, El-Kholany NR, Hamama HH. Evaluation of bond durability of different self-adhesive bioactive restorative systems to dentin. Sci Rep. 2025 Jan 29;15(1):3667.
295. Standardization IO for. Dentistry — Testing of adhesion to tooth structure. Third edition. Geneva: International Organization for Standardization; 2015.
296. Gültekin Kuru A, Erdoğan Y. İn vitro çalışmalarda kullanılan farklı saklama yöntemlerinin süt dişi dentini üzerindeki bağlanma kuvvetine etkileri. [Denizli]; 2022.
297. Pilo R, Nissan J, Shafir H, Shapira G, Alter E, Brosh T. The influence of long term water immersion on shear bond strength of amalgam repaired by resin composite and mediated by adhesives or resin modified glass ionomers. J Dent. 2012 Jul;40(7):594–602.
298. Pamir T, Şen BH, Evcin Ö. Effects of etching and adhesive applications on the bond strength between composite resin and glass-ionomer cements. Journal of Applied Oral Science. 2012 Dec;20(6):636–42.
299. Buzalaf Mar, Hannas Ar, Magalhães Ac, Rıos D, Honórıo Hm, Delbem Acb. pH-cycling models for in vitro evaluation of the efficacy of fluoridated dentifrices for caries control: strengths and limitations. Journal of Applied Oral Science. 2010;
300. Christoff V, Ilie N. Amalgam alternatives: Susceptibility of novel self-adhesive materials to changes in dentin mineralization. J Dent. 2025 Sep;160:105894.
301. Bucholdz F, Alves T, Reis A, Loguercio AD. The Bonding of Glass Ionomer Cements to Caries-affected Primary Tooth Dentin. 2010.
302. Zuluaga-Morales JS, Bolaños-Carmona MV, Cifuentes-Jiménez CC, Álvarez-Lloret P. Chemical, Microstructural and Morphological Characterisation of Dentine Caries Simulation by pH-Cycling. Minerals. 2021 Dec 21;12(1):5.
303. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A Critical Review of the Durability of Adhesion to Tooth Tissue: Methods and Results. J Dent Res. 2005 Feb 1;84(2):118–32.
304. Suryakumari Nujella B, Choudary M, Reddy S, Kumar Mk, Gopal T. Comparison of shear bond strength of aesthetic restorative materials. Contemp Clin Dent. 2012;3(1):22.
305. Poggio C, Beltrami R, Scribante A, Colombo M, Lombardini M. Effects of dentin surface treatments on shear bond strength of glass-ionomer cements. Ann Stomatol (Roma). 2014 Mar 31;5(1):15–22.
306. Pacifici E, Chazine M, Vichi A, Grandini S, Goracci C, Ferrari M. Shear-Bond Strength of a New Self-Adhering Flowable Restorative Material to Dentin of Primary Molars. Journal of Clinical Pediatric Dentistry. 2013 Dec 1;38(2):149–54.
307. Sulimany AM, Aldowsari MK, Bin Saleh S, Alotaibi SS, Alhelal BM, Hamdan HM. An In Vitro Assessment of the Shear Bond Strength of Alkasite Restorative Material in Primary Molars Compared with Glass Ionomer and

Resin-Modified Glass Ionomer Restorations. Materials. 2024 Dec 20;17(24):6230.
308. Kumari A, Singh N. A comparative evaluation of microleakage and dentin shear bond strength of three restorative materials. Biomater Investig Dent. 2022 Dec 31;9(1):1–9.
309. Verma V, Mathur S, Sachdev V, Singh D. Evaluation of compressive strength, shear bond strength, and microhardness values of glass-ionomer cement Type IX and Cention N. J Conserv Dent. 2020;23(6):550–3.
310. Jiang M, Mei ML, Wong MCM, Chu CH, Lo ECM. Influence of silver diamine fluoride treatment on the microtensile bond strength of glass ionomer cement to sound and carious dentin. Oper Dent. 2020 Sep 1;45(5):E271–9.
311. Khan M, Kaur H, Choudhary R, Yeluri R. Effect of three different conditioning agents on cavosurface microleakage and bond strength of glass ionomer restorations – An in vitro study. Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry. 2022;40(2):180.
312. Palma-Dibb RG, de Castro CG, Ramos RP, Chimello DT, Chinelatti MA. Bond strength of glass-ionomer cements to caries-affected dentin. J Adhes Dent. 2003;5(1):57–62.
313. Puwanawiroj A, Trairatvorakul C, Dasanayake AP, Auychai P. Microtensile Bond Strength Between Glass Ionomer Cement and Silver Diamine Fluoride-Treated Carious Primary Dentin. Pediatr Dent. 2018 Jul 15;40(4):291–5.
314. Ng E, Saini S, Schulze KA, Horst J, Le T, Habelitz S. Shear Bond Strength of Glass Ionomer Cement to Silver Diamine Fluoride-Treated Artificial Dentinal Caries. Pediatr Dent. 2020 May 15;42(3):221–5.
315. Uchil S, Suprabha B, Suman E, Shenoy R, Natarajan S, Rao A. Effect of three silver diamine fluoride application protocols on the microtensile bond strength of resin-modified glass ionomer cement to carious dentin in primary teeth. Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry. 2020 Apr 1;38(2):138–44.
316. Suzuki T, Sobue S, Suginaka H. Mechanism of antiplaque action of diamine silver fluoride. Journal of Osaka University Dental School. 1976;16:87–95.
317. Suzuki T, Nishida M, Sobue S. Effects of diamine silver fluoride on tooth enamel. Journal of Osaka University Dental School. 1974;14:61–72.
318. Vuong C. Bond Strength of GIC, RMGI, and Resin Composite to Silver Diamine Fluoride Treated Artificial Carious Dentin [Thesis]. [University of California]; 2020.
319. Bassiouny AA, Bakry N, Aboulgheit S, Zeitoun S. Shear Bond Strength Of An Alkasıte Based Restoratıve Materıal To Sılver Dıamıne Fluorıde Pretreated Dentın (In Vıtro Study). Alexandria Dental Journal. 2024 Nov 9;0–0.
320. Wolowski MTC, Grenier AMS, de Oliveira VA, Anselmi C, Gibin MS, de Castro-Hoshino LV, et al. Performance of self-etching adhesives on caries-affected primary dentin treated with glutaraldehyde or silver diamine fluoride. J Mech Behav Biomed Mater. 2024 Feb;150:106293.

321. Firouzmandi M, Mohaghegh M, Jafarpisheh M. Effect of silver diamine fluoride on the bond durability of normal and carious dentin. J Clin Exp Dent. 2020;e468–73.
322. Keskin G, Gündoğar ZU, Yaman M, Tek GB. Bond strength of Ion-releasing Restorative Materials to Sound and Caries-affected Dentin. Journal of Clinical Pediatric Dentistry. 2021 Jan 1;45(1):29–34.
323. Peric T, Vulovic J, Petrovic B, Kuzmanovic Pficer J, Beloica M, Racic A, et al. Bond Strength Of Glass-Hybrid And Glass-Ionomer Materıals To Sound And Caries-Affected Primary Dentine. Materiali in tehnologije. 2025 Apr 7;59(2).
324. Abdelshafi MA, Soliman HAN, Abdelaziz D. Bond strength durability of three bioactive restorative materials to silver diamine fluoride treated artificially demineralized dentine. BMC Oral Health. 2025 Jul 17;25(1):1193.
325. Priya D, Karale R, Prashanth B, Raj A, Vathsala Heggade K. Effect of silver diamine fluoride, potassium iodide, and glutathione on micro-shear bond strength of glass ionomer cement to caries affected dentine. Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry. 2022 Jan;40(1):62–6.
326. Can-Karabulut DC, Oz FT, Karabulut B, Batmaz I, Ilk O. Adhesion to primary and permanent dentin and a simple model approach. Eur J Dent. 2009 Jan;3(1):32–41.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	**Zeynep**	**Uyruğu**	**T.C.**
Soyadı	**KELEŞ TEPELİ**	**Tel no**	
Doğum tarihi		**e-posta**	

Eğitim Bilgileri

Mezun olduğu kurum		**Mezuniyet yılı**
Lise	**Özel Marmara Evleri İhlas Anadolu Lisesi**	**2014**
Lisans/Yüksek Lisans	**Bezmialem Vakıf Üniversitesi**	**2019**
Doktora		

İş Deneyimi

Görevi	**Kurum**	**Süre (yıl-yıl)**
Diş Hekimi	**Özel Esendent ADSM**	**2020**
Diş Hekimi	**Dört Yaprak ADSM**	**2021**
Araş. Gör.	**Akdeniz Üniversitesi Çocuk Diş Hekimliği ABD**	**2022-**

Yabancı Dilleri	**Sınav türü**	**Puanı**
İngilizce	**YÖKDİL**	**80**
İngilizce	**TIPDİL**	**80**

Proje Deneyimi

Proje Adı	**Destekleyen kurum**	**Süre (Yıl-Yıl)**
Üç Farklı Restoratif Materyalin Gümüş Diamine Florür Uygulanmış Çürük Dentin Dokusuna Bağlantı Dayanımının Değerlendirilmesi	**Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü**	**2025-2026**

Burslar-Ödüller:

Yayınlar ve Bildiriler: