



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

PEDODONTİ ANABİLİM DALI

**GÜMÜŞ DİAMİN FLUORİD İLE TEDAVİ
EDİLEN DEMİNERALİZE DENTİNDE FARKLI
RESTORATİF MATERYALLERİN VE FARKLI
YÜKLEME SÜRELERİNİN RESTORASYONUN
BAĞLANMA DAYANIMI ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ; *İN-VİTRO* BİR
ÇALIŞMA**

Merve YAZ

UZMANLIK TEZİ

Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk GÜDÜK

TRABZON-2025



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

PEDODONTİ ANABİLİM DALI

**GÜMÜŞ DİAMİN FLUORİD İLE TEDAVİ
EDİLEN DEMİNERALİZE DENTİNDE FARKLI
RESTORATİF MATERYALLERİN VE FARKLI
YÜKLEME SÜRELERİNİN RESTORASYONUN
BAĞLANMA DAYANIMI ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ; *İN-VİTRO* BİR
ÇALIŞMA**

Merve YAZ
ORCID: 0000-0001-9001-9423

UZMANLIK TEZİ

Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk GÜDÜK
ORCID: 0000-0003-0930-4935

TRABZON-2025

ONAY SAYFASI

Bu Tez Uzmanlık Tezi Standartlarına Uygun Bulunmuştur.

Prof. Dr. Tamer TÖZÜNER

Pedodonti Anabilim Dalı Başkanı

Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı Uzmanlık öğrencisi Arş. Gör. Dt. Merve YAZ'ın hazırladığı "Gümüş Diamin Fluorid ile Tedavi Edilen Demineralize Dentinde Farklı Restoratif Materyallerin ve Farklı Yükleme Sürelerinin Restorasyonun Bağlanma Dayanımı Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi; in-vitro Bir Çalışma" başlıklı tez Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca kapsam ve bilimsel kalite yönünden değerlendirilerek oy birliği ile Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi : 10.06.2025

Danışman Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk GÜDÜK

:

Jüri Üyesi Prof. Dr. Tamer TÖZÜNER

:

Jüri Üyesi Doç. Dr. Nagehan YILMAZ

:

Bu çalışma yukarıdaki jüri tarafından **Uzmanlık Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Tamer TAŞDEMİR
Dekan

Haziran – 2025
TRABZON

BEYAN

Bu tez çalışmasının Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Hazırlama ve Yazım Kılavuzu standartlarına uygun olarak hazırlanarak yazıldığını, tezin akademik ve etik kurallara bağlı kalınarak gerçekleştirilmiş özgün bir bilimsel araştırma eserim olduğunu, tezde yer alan ve bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen tüm bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve kullanılan kaynakların kaynaklar listesinde yer aldığını, tezin çalışılması ve yazımı aşamalarında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

10.06.2025

Merve YAZ

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam boyunca mesleki bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren, desteğini ve yardımını esirgemeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk GÜDÜK'e,

Uzmanlık eğitimim süresince ve tezimin yapım aşamalarında emeği olan, bilgi ve deneyimlerini paylaşıp desteğini hissettiren değerli hocam Prof. Dr. Tamer TÜZÜNER'e,

Asistanlığım süresince tecrübelerini paylaşıp yol gösteren, desteklerini hissettirip yanımda olan saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Özgül BAYGIN ve Doç. Dr. Nagehan YILMAZ'a,

Tezimin hazırlanma sürecindeki katkıları için kıymetli hocam Prof. Dr. Fatih Mehmet KORKMAZ ve Dr. Öğr. Üyesi Büşra KORKMAZ'a,

Tez çalışmama katkılarından dolayı Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı Üyesi Doç. Dr. Merve ABAKLI İNCİ'ye,

KTÜ Merkezi Araştırma Laboratuvarı'na ve KTÜ Makina Mühendisliği'ne,

Yoğun çalışma tempomuzda kliniğimizin işleyişindeki yardımları ve samimi yaklaşımları için Zehra AKGÜN nezdinde tüm bölüm personelimize,

Asistanlık sürecimizi birlikte geçirdiğimiz, birçok duyguyu paylaştığımız, her zaman desteklerini hissettiğim ve geriye baktığımda özlenecek birçok anı biriktirdiğimiz sevgili arkadaşlarım Hilal ŞENOCAK, Münevver Çağla ASLAN ve Neslihan KAR'a,

Bu yola birlikte çıktığımız, her zaman benimle olduğunu bildiğim ve hissettiğim, hayatıma her anlamda güzellik katan, yorulduğumda bir nefes gibi yanımda bulduğum can şenliğim Hüsna Selin TAKAOĞLU'na,

Bugüne kadar gösterdikleri tüm emekler adına aileme, mesafelere rağmen hep yanımda olduklarını hissettirip destekleriyle bana güç veren çok sevdiğim abilerim Safa YAZ ve Furkan YAZ'a, beni bir evladı gibi gören kıymetli dayım Emin CANOĞLU'na ve neşe kaynağım biriciğim Mete'ye

Yürekten teşekkürlerimle...

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇ KAPAK SAYFASI

ONAY

BEYAN

TEŞEKKÜR

İÇİNDEKİLER

vi

TABLolar DİZİNİ

ix

ŞEKİLLER DİZİNİ

x

RESİMLER DİZİNİ

xi

KISALTMALAR, SİMGELER ve FORMÜLLER DİZİNİ

xiii

ÖZET

xv

SUMMARY

xvii

1. GİRİŞ ve AMAÇ

1

2. GENEL BİLGİLER

3

2.1. Mine

3

2.2. Dentin

3

2.3. Çürük

4

2.4. Demineralizasyon

4

2.5. Remineralizasyon

4

2.6. Erken Çocukluk Çağı Çürüğü (EÇÇ)

5

2.7. Gümüş Diamin Fluorid (GDF)

5

2.8. Cam İyonomer Simanlar (CİS)

8

2.9. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar (RMCİS)

10

2.10. Bulk-Fill Kompozitler

11

2.11. Yapay Çürük Oluşturma Yöntemleri

12

2.11.1. Biyofilm Modeli

12

2.11.2. Kimyasal Olarak Oluşturulan in-vitro Çürük Modeli	12
2.11.2.1. Asit Tamponlarının Kullanıldığı in-vitro Yapay Çürük Modeli	13
2.11.2.2. pH Siklus Modelinin Kullanıldığı in-vitro Yapay Çürük Modeli	13
2.12. Bağlanma Dayanımı Testleri	13
2.12.1. Makro Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi	14
2.12.2. Makro Çekme Bağlanma Dayanımı Testi	14
2.12.3. İtme Testi	14
2.12.4. Mikro Kesme Bağlanma Dayanımı Testi	14
2.12.5. Mikro Çekme Bağlanma Dayanımı Testi	15
3. GEREÇ ve YÖNTEM	16
3.1. Araştırmanın Amacı ve Hipotezi	16
3.2. Etik Kurul Onayı	16
3.3. Örnek Sayısının Belirlenmesi	16
3.4. Dişlerin Seçimi ve Toplanması	16
3.5. Örneklerin Hazırlanması	17
3.6. Dentin Örneklerinin Demineralizasyonu	18
3.7. Yapay Tükürük Solüsyonunun Hazırlanması	19
3.8. Çalışma Gruplarının Oluşturulması	19
3.9. Gümüş Diamin Fluorid Uygulaması	19
3.10. Seçilen Restoratif Materyallerin Uygulanması	21
3.10.1. Grup A: GDF + RMCİS Uygulaması (Hemen Yükleme)	23
3.10.2. Grup B: GDF + SDR Uygulaması (Hemen Yükleme)	24
3.10.3. Grup C: GDF + RMCİS Uygulaması (İki Hafta Sonra Yükleme)	25
3.10.4. Grup D: GDF + SDR Uygulaması (İki Hafta Sonra Yükleme)	25
3.11. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi	26
3.12. Kırılma Yüzeylerinin Değerlendirilmesi	28
3.13. Örneklerin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile İncelenmesi	28

3.14. İstatistiksel Değerlendirme	29
4. BULGULAR	30
4.1. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi Sonuçları	30
4.2. Stereomikroskop İncelemesi Sonuçları	32
4.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İncelemesi Sonuçları	33
5. TARTIŞMA	38
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR	52
EKLER	65
Ek 1. Etik Kurul Onayı	66
Ek 2. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu	71

TABLÖLER DİZİNİ

Tablo No		Sayfa
Tablo 1.	Yapay Tükürük Solüsyonunun Kimyasal Formülasyonu (1 L için)	19
Tablo 2.	Çalışmada kullanılan materyaller	22
Tablo 3.	Grupların makaslama bağlanma dayanımı testi sonuçlarına göre ortalama, standart sapma, medyan ve min-max değerleri	30
Tablo 4.	Kırık tiplerinin gruplara göre dağılımı	32



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa
Şekil 1.	GDF uygulaması sonrası hemen ve iki haftalık bekleme süresi sonunda gerçekleştirilen restorasyonların makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin karşılaştırılması
Şekil 2.	Grupların başarısızlık modu dağılımları



RESİMLER DİZİNİ

Resim No	Sayfa
Resim 1. Silikon Kalıp Kullanılarak Akriliğe Gömülen Diş Örnekleri	17
Resim 2. Micracut 125 Cihazı Kullanılarak Örneklerin Hazırlanması	18
Resim 3. Hazırlanmış Dentin Kesiti Örneği	18
Resim 4. Gümüş Diamin Fluorid (Riva Star, Step 1, SDI Dental Ltd., Avustralya)	20
Resim 5. GDF Uygulamasında Kullanılacak Malzemeler	20
Resim 6. GDF'nin belirlenen alana Uygulanması	21
Resim 7. GDF Uygulaması Sonrası Görüntü	21
Resim 8. 3 mm × 4 mm Boyutunda Hazırlanıp Yerleştirilmiş Plastik Kalıp	23
Resim 9. Fuji II LC Capsule, GC Corporation, Tokyo, Japonya	24
Resim 10. Restoratif Materyal Uygulaması Sonrası Örneklerin Görüntüsü	24
Resim 11. SDR Uygulaması İçin Kullanılan Malzemeler	25
Resim 12. Instron Universal test cihazı	27
Resim 13. Örneklerin Instron Universal Test Cihazına Yerleştirilmesi	27
Resim 14. Yüzey Kaplama Cihazı	28
Resim 15. SEM	29
Resim 16. GDF uygulamasından hemen sonra RMCİS ile restore edilen örneğin kırılma yüzeyinin SEM görüntüsü (×100)	34
Resim 17. GDF uygulamasından hemen sonra RMCİS ile restore edilen örneğin kırılma yüzeyinin SEM görüntüsü (×1000)	34
Resim 18. GDF uygulamasından hemen sonra SDR ile restore edilen örneğin kırılma yüzeyinin SEM görüntüsü (×100)	35
Resim 19. GDF uygulamasından hemen sonra SDR ile restore edilen örneğin kırılma yüzeyinin SEM görüntüsü (×1000)	35
Resim 20. GDF uygulamasından iki hafta sonra RMCİS ile restore edilen örneğin kırılma yüzeyinin SEM görüntüsü (×100)	36
Resim 21. GDF uygulamasından iki hafta sonra RMCİS ile restore edilen örneğin kırılma yüzeyinin SEM görüntüsü (×1000)	36

Resim 22. GDF uygulamasından iki hafta sonra SDR ile restore edilen örneğin kırılma yüzeyinin SEM görüntüsü ($\times 100$)	37
Resim 23. GDF uygulamasından iki hafta sonra SDR ile restore edilen örneğin kırılma yüzeyinin SEM görüntüsü ($\times 1000$)	37



KISALTMALAR, SİMGELER ve FORMÜLLER DİZİNİ

Kısaltmalar

ART	Atravmatik Restoratif Tedavi
BHT	Butillenmiş Hidroksitoluen
CİS	Cam İyonomer Siman
dk	Dakika
DNA	Deoksiribo Nükleik asit
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EBPADMA	Etoksile edilmiş bisfenol A dimetakrilat
EÇÇ	Erken Çocukluk Çağı Çürüğü
F	Flor
FDI	Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi
GDF	Gümüş Diamin Fluorid
GMART	Gümüş Modifiye Ataravmatik Restoratif Tedavi
HEMA	2- hidroksietil metakrilat
ISO	Uluslararası Standartlar Teşkilatı
KTÜ	Karadeniz Teknik Üniversitesi
L	Litre
M	Molarite
MBD	Makaslama Bağlanma Dayanımı
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
MMP	Matriks Metalloproteinaz
MPa	Megapaskal
N	Newton
PENTA	Dipentaeritritol pentaakrilat monofosfat
pH	Power of Hydrogen (Hidrojenin kuvveti)
PI	Potasyum İyodür
poliHEMA	Polihidroksietil metakrilat
ppm	Parts Per Million (Milyonda bir)
RMCİS	Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman

SDR	Smart Dentin Replacement
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
sn	saniye
TEGDMA	Tetraetilen glikol dimetakrilat
TC	Türkiye Cumhuriyeti
TGF- β	Transforming Growth Factor
UDMA	Üretan dimetakrilat
UV	Ultraviyole
°C	Santigrat

Simgeler

%	Yüzde
<	Küçüktür
>	Büyüktür
=	Eşittir
$\pm$	Standart sapma

ÖZET

Gümüş Diamin Fluorid İle Tedavi Edilen Demineralize Dentinde Farklı Restoratif Materyallerin Ve Farklı Yükleme Sürelerinin Restorasyonun Bağlanma Dayanımı Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi; *In-Vitro* Bir Çalışma

Diş çürüğü, prevalansı en yüksek çocukluk çağı hastalıklarından biri olarak bilinmektedir ve Gümüş Diamin Fluorid (GDF), çürük lezyonlarını durdurmadaki etkinliği sayesinde gittikçe artan bir kullanıma sahiptir. Tez çalışmamız GDF uygulamasının hemen ardından ve iki hafta sonra rezin modifiye cam iyonomer siman (RMCİS) ve self-adeziv restoratif materyal (SDR) ile restore edilen çekilmiş süt dişlerindeki demineralize dentin ile restoratif materyal arasındaki bağlanma kuvvetlerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'na diş çekimi amacıyla başvuran hastalardan elde edilen yapay çürük oluşturulmuş süt molar dişlerinin GDF uygulamasından hemen sonra ve iki hafta sonra RMCİS ve SDR ile restore edilen çürük dentin ile restoratif materyal arasında meydana gelen bağlanma kuvvetlerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesiyle gerçekleştirildi.

68 adet çekilmiş çürüksüz süt dişi oklüzal düzleme paralel düz bir dentin yüzeyi elde edilecek şekilde kesildi ve demineralizasyon solüsyonu ile yapay çürük oluşturuldu. Demineralize edilen örnekler dört gruba ayrıldı: 1. Grup; GDF uygulamasının hemen ardından RMCİS ile (Fuji II LC Capsule, GC Corporation, Tokyo, Japonya), 2. Grup; GDF uygulamasından hemen sonra SDR (SDR Plus Bulk Fill Flowable, Dentsply Sirona, Konstanz, Almanya) ile, 3. Grup; GDF uygulamasından iki hafta sonra RMCİS ile, 4. Grup; GDF uygulamasından iki hafta sonra SDR ile 3 mm × 4 mm boyutlarında plastik kalıplar kullanılarak restore edildi. İki hafta sonra restorasyonu gerçekleştirilecek olan gruplar restore edilene kadar yapay tükürük içerisinde 37°C'deki etüvde bekletildi. Restoratif materyal uygulanan tüm numuneler, içerisinde distile su bulunan kaplara koyulup 37°C'deki etüve yerleştirilerek 30 gün süresince yaşlandırma işlemine tabi tutuldu. Yaşlandırma işlemi sonrasında bütün numuneler Instron Universal test cihazına yerleştirilerek makaslama bağlanma dayanımı (MBD) testine tabi tutuldu ve elde edilen değerler Megapaskal (MPa) değerlerine çevrilerek kaydedildi. Kırılma tipleri stereomikroskop ile ×40 büyütmede incelendi ve kırık yüzeyleri değerlendirildi. Her gruptan 2 örnek üzerinde taramalı elektron

mikroskobu (SEM) incelemesi yapıldı. Makaslama bağlanma dayanımı testi sonuçları ve kırılma yüzeyleri analiz edildi. Tanımlayıcı istatistikler; ortalama, standart sapma, ortanca, minimum ve maksimum değerler olarak verildi. Gruplar arasındaki karşılaştırmalarda Kruskal Wallis, Mann Whintey U testi ve Bonferroni düzeltmesi kullanıldı. $P<0.05$ düzeyi istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi ve gerekli durumlarda kritik p değeri yeniden hesaplandı.

Makaslama Bağlanma Dayanımı testi sonuçları değerlendirildiğinde GDF uygulamasından iki hafta sonra restore edilen RMCİS ve SDR grupları hemen restore edilenlerle kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek bağlanma dayanımı değerlerine sahip oldukları görüldü ($p=0.009$, $p=0,011$). GDF uygulaması sonrası restorasyonun yapılış zamanından bağımsız olarak RMCİS grubu ile SDR grubu karşılaştırıldığında SDR grubunun bağlanma dayanımı değerlerinin RMCİS grubundan daha yüksek olduğu görüldü ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p>0,05$).

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlara göre GDF uygulaması sonrası restorasyonların iki hafta sonra yapılmasının çürük dentine bağlanma dayanımına olumlu bir etkisinin olduğu görüldü.

Anahtar kelimeler: Gümüş Diamin Fluorid, Yapay Çürük, Makaslama Bağlanma Dayanımı, SEM

SUMMARY

Comparative Evaluation of the Effect of Different Restorative Materials and Different Loading Times on the Bond Strength of the Restoration in Demineralized Dentin Treated with Silver Diamine Fluoride; An in-vitro Study

Dental caries is recognized as one of the most common childhood diseases and Silver Diamine Fluoride (SDF) is increasingly utilized due to its effectiveness in arresting caries lesions. This thesis aims to comparatively evaluate the bond strengths between demineralized dentin and restorative material in extracted primary teeth restored with resin modified glass ionomer cement (RMCIS) and self-adhesive restorative material (SDR) immediately and two weeks after SDF application.

The study was conducted by comparatively evaluating the bond strengths between the restorative material and the carious dentin restored with RMCIS and SDR immediately and two weeks after SDF application of artificially decayed primary molar teeth obtained from patients who applied to the Department of Pedodontics, Faculty of Dentistry, Karadeniz Technical University for tooth extraction.

68 extracted caries-free primary teeth were sectioned to obtain a flat dentin surface parallel to the occlusal plane and artificial caries was created with demineralization solution. The demineralized specimens were divided into four groups: Group 1; Restored with RMCIS (Fuji II LC Capsule, GC Corporation, Tokyo, Japan) immediately after the application of SDF, Group 2; Restored with SDR (SDR Plus Bulk Fill Flowable, Dentsply Sirona, Konstanz, Germany) immediately after the application of SDF, Group 3; Restored with RMCIS two weeks after the application of SDF, Group 4; Restored with SDR two weeks after the application of SDF using plastic molds measuring 3 mm × 4 mm. The groups scheduled to receive restorative material two weeks after the SDF application were stored in artificial saliva at 37°C in an incubator until restoration. All specimens with applied restorative materials were placed in containers filled with distilled water and subjected to an aging process in an incubator at 37°C for 30 days. After the aging process, all specimens were placed in Instron Universal testing machine and subjected to shear bond strength (MBS) test and the values obtained were converted to Megapascal (MPa) values and recorded. Fracture types were examined with a stereomicroscope at ×40 magnification and fracture surfaces were evaluated. Scanning electron microscopy (SEM) examination was performed on 2 specimens from each group. Shear bond strength test results and fracture

surfaces were analyzed in detail. Descriptive statistics were given as mean, standard deviation, median, minimum and maximum values. Kruskal Wallis, Mann Whintey U test and Bonferroni correction were used for comparisons between groups. $P < 0.05$ was considered statistically significant and the critical p value was recalculated when necessary.

When the Shear Bond Strength test results were evaluated, statistically significantly higher bond strength values were obtained in RMCIS and SDR groups restored two weeks after SDF application compared to those restored immediately ($p = 0.009$, $p = 0.011$). When the bond strength values of the RMCIS group were compared with the SDR group, regardless of the timing of restoration after SDF application, the bond strength values of the SDR group were found to be higher, but this difference was not statistically significant ($p > 0.05$).

Based on the results of the study, it was seen that the restorations made two weeks after SDF application had a positive effect on the bond strength to carious dentin.

Keywords: Silver Diamine Fluoride, Artificial Caries, Shear Bond Strength, SEM

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Çocukluk çağında görülen ve prevalansı en yüksek hastalıklardan biri olarak bilinen diş çürükleri tedavi edilmediğinde pulpal ve periapikal patolojilere sebep olabilmektedir (1). İlerlemiş durumlarda konuşmanın etkilenmesi, çiğneme verimliliğinin azalması, dikey boyut kaybı ve parafonksiyonel alışkanlıkların gelişmesinin yanında psikososyal açıdan da olumsuz etkileri görülebilmektedir (2).

Çeşitli florür ajanlarının kullanımıyla çürük lezyonlarının ilerleyişi yavaşlatılabilmekte veya inaktif hale çevrilebilmektedir (1). Gümüş Diamin Fluorid (GDF), çürük durdurmadaki etkinliği sayesinde gittikçe artan bir kullanıma sahiptir (3). Karyojenik bakterileri azaltma, mine ve dentin üzerindeki remineralizasyon etkisi gibi özellikleri in-vitro çalışmalarla belgelenmiş olan GDF, özellikle küçük çocuklarda ve özel bakım ihtiyacı olan hastalarda etkili bir tedavi seçeneği olmaktadır (4). İçeriğindeki gümüş iyonu sayesinde antibakteriyel etki gösteren GDF, florür iyonlarıyla da remineralizasyonu sağlamaktadır (5). Uygulama sonrasında kalsiyum ve fosfor açısından zenginleşen dentin yüzeyinin mikrosertliğinde de artış gözlenmektedir. Ayrıca GDF, hidroksiapatitten kalsiyum çözünmesini engelleyerek demineralizasyonun önüne geçmektedir. Çalışmalarda GDF'nin diş yüzeyinde *S. mutans*, *A. naeslundii* ve *L. acidophilus* içeren biyofilm büyümesini engellediği gösterilmiştir (6). Ancak GDF dentin tübüllerini tıkayarak dentin duyarlılığını azaltırken adeziv materyallerin tübüllere penetrasyonunu engelleyerek restorasyonun bağ mukavemetini düşürebilmektedir (7).

Çürük dokuyu uzaklaştırmak yerine GDF gibi önleyici yöntemler kullanılarak da çürüğün ilerleyişi durdurulabilmektedir. Restoratif tedaviler için işbirliği yapamayan çocuklarda ve özel bakım gereksinimi olan hastalarda GDF tedavisi non-restoratif çürük tedavisi olarak uygulanabilmektedir fakat estetik gerekçelerle veya lezyonun ilerlemesinden endişe duyulması durumunda uygulama sonrasında restoratif tedaviye ihtiyaç duyulabilmektedir (8). Restorasyon hemen yapılabileceği gibi birkaç hafta sonra da yapılabilmektedir. Bekleme sürecinde çürük lezyonu sertleşerek sağlıklı dentinden daha sert bir hale gelmekte ve aynı zamanda serbest gümüş dağılarak restorasyonun lekelenmesi önlenmektedir (9).

Tez çalışmamız GDF uygulamasının hemen ardından ve iki hafta sonra rezin modifiye cam iyonomer siman (RMCİS) ve self-adeziv restoratif materyal (SDR) ile restore

edilen çekilmiş süt dişlerindeki çürük dentin ile restoratif materyal arasındaki bağlanma kuvvetlerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamızdaki hipotezlerimiz şu şekildedir;

- Restoratif materyallerin farkının bağlanma kuvvetine etkisinde fark yoktur.
- Restoratif materyallerin uygulanma zamanlarının bağlanma kuvvetine etkisinde fark yoktur.

Araştırmanın yakın gelecekteki sonuçlarında in vitro ortamda yapılan testler sonucunda test edilen sürelerde GDF uygulaması sonrası en iyi bağlantıyı sağlayan materyalin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Uzak gelecekte ise sonuçların klinik çalışmaya uyarlanabilmesi için akademik çıktı haline getirilip klinik koşullarda uygulanabilmesine yönelik fikir elde edilecektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Mine

Diş minesi, kronun en dış kısmında bulunan yapıdır. Toplam mine kütlesinin yaklaşık %96'sını Hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), %4'ünü organik içerik ve su oluşturur (10). Mine, inorganik içeriğinin fazla olması sebebiyle insan vücudundaki en sert dokudur. Bu da minenin kuvvetlere karşı dirençli olmasını sağlamaktadır. Minenin rejenerasyon özelliği yoktur (11). Mine oluşumu amelogenez olarak tanımlanmaktadır. Minenin gelişimi ve mineralizasyonu ameloblastlar tarafından düzenlenmektedir. Ameloblastlar, şablon görevi gören proteinli bir matriks oluşturarak kristal büyümesini organize etmektedir (12).

2.2. Dentin

Dentin kütlesinin %70'i hidroksiapatit, %20'i organik içerik ve %10'u sudan oluşmaktadır (13). Dentin, organik içeriği sayesinde mine ve sementin altında esnek bir alan oluşturarak gelen kuvvetlere dayanıklılık sağlar. Dentinin organik kısmının büyük çoğunluğunu Tip 1 kollojen oluştururken, Tip III ve Tip V kollojen de içermektedir. Organik matriksin kollojen olmayan kısmının yaklaşık %50'sini dentin fosfoprotein oluşturur (11). Dentin matriks proteini 1, dentin siyaloproteini ve dentin fosfoprotein, dentinin mineralizasyonunda önemli rol oynamaktadır (14). Dentin matriksi kemik morfojenik proteinler, TGF- β (Transforming Growth Factor- β), insülin benzeri büyüme faktörü ve temel fibroblast büyüme faktörü gibi büyüme faktörleri için bir depo sağlamaktadır. Dental papillanın ektomezenşimal hücrelerinden gelişen odontoblastlar, sirkumpulpal dentinin büyük kısmı olan primer dentini oluşturmaktayken kök gelişimi tamamlandıktan sonraki süreçte sekonder dentini oluşturmaktadır. Çevresel uyaranlara yanıt olarak oluşturulan dentin tersiyer dentin olarak adlandırılmaktadır (15).

Dentin yapısındaki böylesel farklılıklar, dentin tübüllerinin yönü ve dağılımı gibi faktörler dentinin mekanik özelliklerinde farklılıklara sebep olmaktadır. Diş çürüğü, yaşlanma, skleroz gibi fizyolojik ve patolojik süreçler de dentinin yapısını değiştirerek materyallerin dentine bağlanmasını etkilemektedir. Dentinin içerdiği su oranı pulpaya yaklaştıkça artış göstermekte ve bu durumun derin dentindeki bağ mukavemetinin yüzeyel dentindekinden daha düşük değerler göstermesine sebep olduğu bildirilmektedir. Ancak intertübüler dentinin oranının derin dentinde daha az oluşu bağ mukavemetinin düşüşü için daha ilişkili görülmüştür (16).

2.3. Çürük

Diş çürüğünün, bakteriler ve şekerin diş minesi üzerindeki etkileşimiyle oluşan multifaktöriyel bir hastalık olduğu bilinmektedir. Biyofilmdeki bakteriler zayıf organik asitler üretir ve bu asit pH değerini kritik seviyenin altına düşürür. Bu süreç diş dokularının demineralizasyonuna sebep olmaktadır. Diş çürüğü sürecinin ilerlemesi veya duraksaması, demineralizasyon ve remineralizasyon olayları arasındaki dengeye bağlanmaktadır (17). Demineralizasyon miktarı, pH değerinin yanı sıra tükürükteki kalsiyum ve fosfat iyonlarının konsantrasyonundan da etkilenir. Bu yönüyle tükürük, tampon görevi görerek asidi nötralize etmektedir (10).

2.4. Demineralizasyon

Sert dokuların hidroksiapatit kristallerinden mineral iyonlarının uzaklaşmasıyla gerçekleşmekte olan demineralizasyon, remineralizasyonu sağlayan uygun ortam koşullarının varlığında geri dönebilmektedir. Tüketilen yiyecek ve içeceklerdeki asitler ile ağızdaki bakterilerin mikrobiyal saldırısı dişlerde demineralizasyona neden olmaktadır (11).

Tükürük ve plak sıvısıyla temas halinde olan mine yüzeyleri dinamik denge halindeyken çözeltideki kalsiyum ve fosfat iyonlarının yoğunluğuna ve pH değerine göre çözünme gerçekleştirebilmektedir. 5,5'in altındaki pH'larda plaktaki iyon konsantrasyonun dişe göre daha düşük düzeylerde olması sebebiyle hidroksiapatit kristalleri çözünemekteyken 5,5'in üzerine çıktığında plaktaki iyon konsantrasyonunun artarak doygunluğa ulaşmasıyla denge tersine dönerek kalsiyum ve fosfat yeniden çökerek remineralizasyon sağlanabilmektedir (10, 18). Biyofilmin sıvı fazındaki asit konsantrasyonu arttıkça mineral kaybı görülmekte ve mine kristalleri arasındaki boşlukların genişlemesiyle asitler daha derinlere nüfuz ederek ve yüzey altı demineralizasyona sebep olmaktadır (17).

2.5. Remineralizasyon

Tükürük, kalsiyum ve fosfat açısından zengin içeriğiyle düşük pH durumunda demineralizasyonu engeller, pH yükseldiğinde ise remineralizasyona yardımcı olur. Macun ve verniklerdeki flor da minenin remineralizasyonuna katkıda bulunmaktadır. Hidroksiapatitteki kalsiyum, flor ile yer değiştirir ve çözünürlüğü hidroksiapatitten daha düşük olan florapatit oluşur (11). Remineralizasyon esnasında florürün hidroksiapatitin kristal yapısına katılmasıyla, apatitin hücre hacmi azalmakta ve diş minesinin aside karşı göstermiş olduğu direnç artmaktadır (19).

2.6. Erken Çocukluk Çağı Çürüğü (EÇÇ)

Erken çocukluk çağı çürükleri, altı yaşından küçük çocuklarda çürük, dolgulu veya çürük nedeniyle eksik diş görülmesini tanımlamaktadır ve çocukluk çağında görülen en sık görülen hastalıklar arasında sayılmaktadır. İlerleme hızı yetişkinlerdeki çürüklerden daha fazladır ve tedavi edilmediğinde çocuğun yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir (20). Yaşı çok küçük olan çocukların bilişsel ve psikososyal gelişimindeki sınırlamalar restoratif tedavilerin ve rutin diş bakımının yapılmasını engelleyerek EÇÇ'nin yönetimini zorlaştırmaktadır. Uygun maliyetli ve invaziv olmayan yöntemler çürük ilerlemesini önlemek için bir alternatif olarak sunulmaktadır (21). Florür içeren ajanlar ve GDF, tedavi zamanına kadar çürüklerin kontrol edilmesine yardımcı olur. Sistematik incelemeler GDF'nin süt dişlerindeki dentin çürüğünü durdurmada etkili olduğunu göstermektedir (20).

2.7. Gümüş Diamin Fluorid (GDF)

Gümüş Diamin Fluorid (GDF)'in, özellikle küçük yaşlardaki ve özel bakım gereksinimi olan hastalarda diş çürüğünü yönetmede giderek artan bir kullanıma sahip olduğu görülmektedir (22). 1960'larda Japonya'da dental kullanım için tanıtılan GDF'nin, 2014 yılında Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylandığı bilinmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) 2021'de GDF'yi diş sağlığı için temel bir ilaç olarak ilan etmiştir. Günümüzde GDF, etkinliği kanıtlanmış, uygun fiyatlı, kolay uygulanabilen bir ürün olarak kullanılmaktadır (23). Birden fazla kaviteli çürük lezyonu bulunan yüksek çürük riskli hastalarda, genel anestezi altında diş tedavisi gereksinimi olan davranışsal zorlukları olan hastalarda GDF uygulanabilmekteyken tedavi edilecek dişte spontan veya tetiklenen ağrı olduğunda, pulpaya yakın derin çürük lezyonlarında, hasta ve veli GDF uygulaması sonrasında oluşabilecek olan renklenmeyi kabul etmiyorsa ve gümüş alerjisi durumlarında kontraendikedir (24).

Gümüş Diamin Fluorid'in %25 gümüş, %5 florür, %8 amonyak ve %62 su içeren, pH değeri 9-10 aralığında olan alkali bir solüsyon olduğu bilinmektedir (25). Piyasada %12, %30 ve %38'lik GDF solüsyonları bulunmaktayken ürünlerin çoğu %38'lik konsantrasyonda hazırlanmaktadır. Yapılan çalışmalarda %12'lik GDF'nin, %38'lik GDF kadar etkili olmadığı bildirilmektedir (26).

Açığa çıkmış dentin yüzeylerinin tedavisinde gümüş-protein konjugatlarının skuamöz tabakasının gelişmesine ve dentin tübüllerinin kısmen tıkanmasına neden olduğu bilinmektedir. Bu sayede asit çözünmesine ve enzimatik sindirime karşı direnç artmaktadır

(27). Gümüş iyonları mineye 25-30 mikron, dentine ise 200-300 mikron nüfuz etmektedir (3). GDF ile durdurulan lezyonların 150 mikron kalınlığında olduğu bildirilmektedir. Demineralize dentinde, demineralize olmayan dentine göre daha fazla gümüş ve florür birikir ve bu yüzden tedavi edilmiş demineralize dentin, tedavi edilmiş sağlam dentine göre bakterilere daha dirençli olmaktadır. Gümüş, “zombi etkisi” olarak adlandırılan bir rezervuar etkiye sahiptir. Bu etki ile gümüş iyonlarıyla öldürülen bakterilerin içinde hala aktif halde bulunan gümüş iyonları, yeniden aktive olarak canlı bakterileri öldürmektedir. Böylece bir kavite içindeki bakteri ve dentin proteinleri üzerinde biriken gümüş sürekli antimikrobiyal etki sağlamaktadır (27).

Aktif çürüklerin bulunduğu asidik ortamlarda kollajenazlar dentin kollojenini tahrip etmek üzere aktive olmaktadır. Matriks Metalloproteinazlar (MMP) çürük lezyonlarındaki kollojenin parçalanmasında önemli rolü olan endopeptidazlardır. Sistein katepsinler kollojeni parçalayabilen proteolitik enzimlerdir. GDF, MMP’ler ve sistein katepsinler üzerinde baskılayıcı etki göstermektedir. Bu özelliğiyle kollajenazların proteolitik aktivitesini inhibe ederek dentin kollojeninin parçalanmasını önlemeye yardımcı olmaktadır (6).

Çalışmalar GDF’nin diş yüzeyinde *S. mutans*, *A. naeslundii* ve *L. acidophilus* içeren biyofilmlerin büyümesini engellediğini göstermektedir (6). GDF dentin tübüllerini tıkayıp bakteri invazyonunu ve asit difüzyonunu önleyerek *Streptococcus mutans*’ı azaltmada etkili olmaktadır (28). GDF yüksek flor içeriğiyle (44.800 ppm) remineralizasyonu arttırmaktadır. Çürük mine lezyonlarına uygulandığında hidroksiapatit ile etkileşimde bulunarak kalsiyum florür ve gümüş fosfat üretilmesiyle minenin mineral yoğunluğunda artış sağlamaktadır (29).

Gümüş Diamin Fluorid, gümüş ile antibakteriyel etki gösterir ve gümüş bu etkiyi birden fazla yolla gerçekleştirmektedir. Mikroorganizmaların yüzeyindeki sülfidril gruplarına etki ederek hücresel solunumu ve elektron transferini engellemektedir (30). Bakterilerin DNA’sına etki ederek, hücre duvarı sentezini değiştirerek, hücresel solunumlarını ve hücre bölünmesini engelleyerek bakteriyel metabolizmaya müdahale etmektedir. Gümüş, bakteri yapışmasından ve biyofilm kalınlaşmasından sorumlu olan glikoziltransferazların aktivasyonunu engelleyerek biyofilm oluşmasını engellemektedir (6). Gümüşün, gümüş içeren hidroksiapatit oluşumuyla antibakteriyel etkisinin yanında bakteriyel adezyonu azaltıcı etki de gösterdiği bilinmektedir (31).

Gümüş Diamin Fluorid uygulaması sonrasında dentin yüzeyinin mikro sertliğinde artış olduğu ve bu yüzeyin kalsiyum ve fosfor iyonu içeriğinin fazla olduğu bilinmektedir. GDF, tükürük varlığında pH değeri 5,5'in üzerinde olduğunda dişlerin remineralizasyonunu sağlamaktadır. Aynı zamanda GDF, hidroksiapatitten kalsiyum çözünmesini önleyerek mine ve dentinin demineralizasyonunu engellemektedir (6).

Gümüş Diamin Fluorid uygulanmış dokularda görülen renklenme, özellikle ön grup dişlerde GDF'nin veliler ve hasta tarafından kabulünü zorlaştırmaktadır. Bu renklenme gümüş fosfat çökmesi nedeniyle gerçekleşmektedir. Bu durumu önlemek amacıyla uygulanan potasyum iyodür (KI), GDF'deki serbest gümüş iyonlarıyla reaksiyona girer ve gümüş fosfat çökeltisinin oluşumunu engeller (30). Potasyum iyodürün, GDF'nin antimikrobiyal etkinliği üzerinde yaptığı değişiklikleri değerlendiren çalışmalar mevcuttur (30, 32). Yapılan bir çalışmada ebeveynlerin ön dişlerdekine kıyasla arka dişlerdeki renklenmeyi daha kabul edilebilir buldukları, ancak ön dişlerdeki renklenmeyi estetik olarak kabul edemeyen ebeveynlerin de çocuklarının genel anestezi altında tedavi olmasının önüne geçmek için estetikten ödün vererek GDF tedavisini kabul ettikleri ifade edilmektedir (33).

Gümüş Diamin Fluorid'in diş dokularında yaptığı renklenmeye göre daha az görülen potansiyel komplikasyonları yanırlıklı oral mukozal dokulara uygulandığında dişeti şişmesi, dişeti beyazlaması, mukozada ağırlı ülseratif lezyonlar ve derin çürük lezyonları olan dişlerde pulpada hafif veya kronik inflamatuvar yanıt oluşturmaları olarak bildirilmektedir (22). Çocuklarda GDF'nin olumsuz etkilerinin incelendiğı bir çalışmanın sonuçlarında hasta ve ebeveyn tarafından bildirilen diş ve dişeti ağrısı %6,6 oranındayken, dişeti şişmesi %2,8 ve dişeti beyazlaması %4,7 oranında görülmektedir (23). Mukozal yaralanmaların genellikle akut olup kendiliğinden iyileşmekteyken pulpa üzerindeki etkisinin, özellikle çürük bir dişin inflame pulpasında çok fazla öngörülebilir olmadığı bildirilmektedir (22). İnsan mezenkimal kök hücreleri için 0,5 ppm kadar düşük gümüş iyonlarının ve 200 ppm'deki florür iyonlarının insan pulpa hücreleri için toksik olabileceğı bildirilmektedir. Yapılan bir in vitro çalışmada %0,001 konsantrasyonda GDF'nin düşük kalınlıktaki ($\leq 1,0$ mm) dentine uygulandığında dental pulpa kök hücrelerine sitotoksik etki gösterdiği bildirilmektedir (22).

Bir damla GDF, 2,24 mg F/doz içermektedir ve altı dişin tedavisi için yeterli olmaktadır. Bu miktar 0,25 mL florür verniğinden daha az miktarda florür dozu anlamına gelmektedir. GDF uygulamasına bağı gelişen herhangi bir sistemik etki bildirilmemiştir (34).

Gümüş Diamin Fluorid, dentin tübüllerini tıkayarak dentin duyarlılığını azaltırken aynı zamanda adeziv materyallerin tübüllere penetrasyonunu engelleyerek restorasyonun bağ mukavemetini düşürebilmektedir (7). Adezivlerin diş yüzeyindeki bağ mukavemetinin incelendiği bir çalışmada GDF'nin mikrotensile bağ mukavemetini değiştirmedeği görülmektedir (23). Yapılan diğer bir çalışmada, GDF uygulandıktan sonra durulama yapılmasının, CİS'in bağlanma mukavemetinde %50'lik bir azalmayı önlediği görülmektedir (27). Markham ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada, diş yüzeyine GDF uygulamasının universal adezivlerle kullanıldığında hem mine hem dentinde kompozitin bağ stabilitesini düşürdüğü bildirilmektedir (35).

2.8. Cam İyonomer Simanlar (CİS)

1972'de İngiltere'de Wilson ve Kent tarafından geliştirilip 1988'de diş hekimliği mesleğine tanıtılan CİS'ler, asit-baz reaksiyonu ile birleşen kalsiyum fluoroalüminosilikat tozu ve poliakrilik asidin sulu çözeltisinden oluşmaktadır (36). CİS'lerin diş dokularına yakın termal genleşme katsayısı, biyouyumluluk, diş yüzeylerine kimyasal bağlanma, florür salınımı gibi nitelikler taşıdığı bilinmektedir. Tek bir kütle halinde uygulanarak klinik prosedürleri kolaylaştırdığı ve koltuk süresini kısalttığı için pediatrik diş hekimliğinde yaygın kullanıma sahiptir. CİS'ler, hidrofilik özellikte olmaları sebebiyle çalışma alanının zor olduğu klinik durumlarda ıslak yüzeylere karşı iyi bir tolerans göstermektedirler. Sahip olduğu birçok avantaja rağmen geleneksel CİS'lerin yetersiz mekanik ve fiziksel özellikleri ile estetik sınırlamaları nedeniyle restoratif alanda kullanımını kısıtlanmaktadır (37).

Toz-sıvı oranı, poli-asit konsantrasyonu, cam tozunun parçacık boyutu, numunelerin yaşı ve simanın hazırlanma şekli CİS'lerin fiziksel özelliklerini etkilemektedir (38). Cam iyonomer simanların sertleşmesi iki adımda gerçekleşmektedir. İlk adımda karıştırmadan hemen sonra poli-asit zincirleri serbest kalsiyum ve stronsiyum iyonları tarafından bağlanarak iyonik çapraz bağlar oluşmaktadır ve bununla birlikte erken sertleşme gerçekleşmektedir. Bu aşamadaki çapraz bağlanmanın stabil olmayıp aşırı su kaybından ve nem kontaminasyonundan kolayca etkilenebildiği bilinmektedir. İkinci adımda, poliasit zincirleri üç değerlikli alüminyum iyonları tarafından çapraz bağlanmakta ve bu sayede simanın mekanik özelliklerinde artış, çözünürlüğünde azalma ve estetik özelliklerinde iyileşme sağlanmaktadır (36). İkinci adım yavaştır ve yaklaşık bir gün sürmektedir (38).

Cam iyonomer simanların üçüncü temel bileşeni olarak bilinen su, polimerik asit için çözücüdür ve polimerden proton salınımını uyarak aside benzer davranış göstermesini

sağlamaktadır. Ayrıca suyun, sertleşme reaksiyonu için ortam sağladığı ve sertleşmiş simanın bir bileşeni olduğu bilinmektedir. Sıkı bağlı suyun oranı zamanla artış göstermektedir. Serbest haldeki su yeni uygulanmış simanın yüzeyinden kaybolabilmektedir ve bu, yüzeyin kurumasına ve mikroskobik çatlakların oluşmasına yol açarak tebeşirimsi görünüme sebep olmaktadır. Simanın uygun bir vernik veya vazelinle kaplanması bu durumu önlemek için önemli görülmektedir (38).

Diş yapılarıyla iyon alışverişi yapan CİS'ler, ağız boşluğundaki florür ve diğer iyonlar için depo görevi görmektedir. Bu özellik CİS'lerin matriksinde hem sıkı hem de gevşek bağlı su içeriği bulunmasıyla sağlanmaktadır. Sertleşen siman %11 - %24 aralığında bağlı su içermektedir (36). CİS'ler florür ihtiva eden diş macunları, florürlü ağız gargaraları ve profesyonel florür uygulamalarıyla yeniden florür yüklenmektedir (39). CİS'lerin fazla gözenekli yapıya sahip olmaları florür salınımı ve yeniden florür yüklenme özelliklerine olumlu etki sağlamaktadır. Fakat bu gözenekli yapı simanın mekanik özelliklerini olumsuz etkilemektedir (40).

Cam iyonomer simanların florür salınımı özelliği önemli avantajlarından biri olarak bilinmektedir. Bu salınım başlangıçta hızlıken sonrasında sürekli ve daha düşük seviyede olmaktadır. CİS'lerin florür salınımı asidik koşullarda artmaktadır. Ayrıca tamponlama özelliğiyle dış ortamın pH'sını arttırarak dişi daha fazla çürümeye karşı korumaktadır (38). CİS'ler diş macunları, jeller ve vernikler gibi dış kaynaklarla yeniden florür iyonlarıyla yüklenerek flor rezervuarı işlevini sürdürebilmektedir (36).

Minedeki çekme bağ mukavemetinin dentindekinden daha yüksek olması, CİS'lerin bağlanmasının mineral fazda gerçekleştiğini göstermektedir. CİS'lerin bağ mukavemetinin %80'i, 15 dakika içerisinde oluşup birkaç gün boyunca artış göstermektedir (38). CİS'ler diş yapısına bağlanırken başlangıçta simanın ve diş yüzeyinin hidrofilik yapıda olması sebebiyle diş yüzeyi ıslatılmaktadır. Sonrasında simanın karboksi grupları ile diş yüzeyinde bulunan serbest haldeki su arasında kurulan hidrojen bağları sayesinde adezyon gerçekleşmektedir. Oluşan bu hidrojen bağlarının yerine diş yapısındaki katyonlar ile simandaki anyonik fonksiyonel gruplar arasında kurulan gerçek iyonik bağları bırakmasıyla diş ile siman arasında bir iyon değişim tabakası oluşmaktadır (38).

Cam iyonomer simanlar yapıştırma simanları, restoratif amaçlı simanlar ve kaide olarak kullanılan simanlar olarak çeşitli türlere ayrılmaktadır.

2.9. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar (RMCİS)

Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar, diş hekimliğinde 1990'ların başından itibaren bilinmektedir. Geleneksel CİS'lere eklenen rezin bileşenleri sertleşme süresini azaltmakla birlikte materyalin aşınma direnci üzerinde de olumlu etki yapmaktadır. RMCİS'ler, CİS'ler gibi flor salınımı, biyouyumluluk, diş yapısına fiziksel-kimyasal bağlanma, uygun termal genleşme-büzülme gibi özelliklere sahiptir ve rezinlere kıyasla daha az nem hassasiyeti göstermektedir (41). Floro-alüminosilikat cam tozu, su ve poliakrilik asit gibi geleneksel cam iyonomer simanların temel bileşenlerinin yanında 2-hidroksietil metakrilat (HEMA) monomerini ve kamforokinon başlatıcı sistemini de içeriğinde bulundurmaktadır. RMCİS'ler, asit-baz reaksiyonu ve ekleme polimerizasyonun ikili süreçleri tarafından oluşturulmaktadır (38). Karıştırmanın ardından simanın polimerizasyonu asit-baz reaksiyonuyla başlamaktayken ışıqlamayla birlikte monomerik bileşenlerin serbest radikal polimerizasyonu başlamaktadır. Bu fotokimyasal reaksiyonla, neme karşı erken hassasiyet ve asit-baz reaksiyonunun erken aşamasındaki dehidratasyonu azaltılmaktadır (42). Asit baz reaksiyonu ile, diş yüzeyi ve siman arasındaki difüzyon yoluyla gerçekleşen bağlanmanın yanında sürekli florür salınımı da gerçekleşmektedir (43).

Mekanik özelliklerinin en iyi şekilde olması için RMCİS'lerin, diğer ışıqla setleşen malzemeler gibi yeterli şekilde polimerize edilmesi gerekmektedir. Numune kalınlığı, ışıql kaynağına uzaklık ve ışıqlanma süreleri RMCİS'lerin sertliğini etkilemektedir. RMCİS'lerin sertlik derecesinin ışıqlanmadan sertleştiği duruma kıyasla ışıql tutularak sertleştiğinde daha yüksek olduğu görülmüştür (44).

Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlardan genellikle ilk 24 saatte HEMA monomerinin salınmaktadır ve bu bileşenin pulpa hücreleri için sitotoksik olduğu bilinmektedir. ışıqlanma derecesine bağlı olarak değişen miktarda salınan HEMA'nın dentin boyunca yayılımı sebebiyle RMCİS'lerin pulpa üzerindeki biyouyumluluğu geleneksel CİS'lere göre daha düşük görülmektedir. HEMA, temas alerjisi ve uçucu olması sebebiyle solunduğunda diş hekimliği personeli için sorunlara yol açabilmektedir. Bu durumu engellemek amacıyla klinisyenlerin çalışma ortamlarının iyi havalandırılması ve buharın solunmasından kaçınılması önerilmektedir (38).

Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar, çoğunlukla primer dentisyondaki sınıf I, sınıf II, sınıf III restorasyonlarda, sınıf V restorasyonlarda, astar ve kaide materyali şeklinde, pit ve fissür örtücü olarak kullanım alanlarına sahiptir. RMCİS'ler, geleneksel CİS'lerle

karşılaştırıldığında daha iyi estetik, geliştirilmiş mukavemet özellikleri ve daha uzun çalışma süresi gibi avantajlara sahipken; adeziv bağlantı mukavemeti, florür salınımı, su alımına karşı direnç, çözünürlük ve biyouyumluluk gibi özellikleri açısından daha üstün olduklarına dair kanıtların bulunmadığı bilinmektedir. RMCİS'lerin rezin içeriği, simanın cam iyonmer bileşeninin dehidratasyonunu önemli ölçüde azaltmamaktadır. Simanın dehidratasyon büzülmesinin 3 aya kadar gerçekleştiği bildirilmektedir. RMCİS'lerin içeriğindeki polihidroksietil metakrilatın (poliHEMA) hidrofilik yapıda olması sebebiyle su emilimi ve hidroskopik genleşme görülmesi önemli bir dezavantaj olarak görülmektedir (43).

2.10. Bulk-Fill Kompozitler

Kompozit rezinler üstün estetik özellikleri ve uzun süre manipülasyona izin vermeleri gibi avantajları sayesinde diş hekimliğinde restoratif materyal olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (45). Kompozit rezinlerin klinik başarısızlık sebeplerinden biri polimerizasyon büzülmesidir. Polimerizasyon büzülmesi, diş-restorasyon arayüzünde marjinal boşlukların oluşmasına sebep olarak sekonder çürük oluşumuna yol açabilmektedir. Bunun önüne geçmek için kompozit rezinlerin kademeli olarak yerleştirilmesi kavite duvarı arayüzünde stres oluşumunu azaltmakta, malzemenin daha etkili bir şekilde ışıkla polimerizasyonunu sağlamak ve arayüzde boşluk oluşumunu azaltmaktadır (46).

Bulk-fill kompozitler, 4-5mm'lik daha kalın katmanlar kullanarak restoratif tekniği basitleştirmektedir. Bu kompozitler daha fazla yarı saydamlık sunarak malzemenin içerisinde daha fazla ışık dağılımına izin vermektedir. Bulk-fill kompozitler daha fazla ışıklama derinliği sağlayan fotobaşlatıcılar ve düşük polimerizasyon büzülmesi sağlayan monomerler içermektedir (46).

Bulk-fill kompozitler, restoratif materyal olmalarının yanında kaide materyali olarak da kullanılabilir. Kaide olarak kullanılanlar düşük viskoziteye sahip olduklarından derin boşluklara yerleşerek adapte olabilme özelliği sunmaktadır. Ancak düşük doldurucu içerikleri düşük aşınma direncine sebep olmaktadır ve bu nedenle geleneksel bir kompozitle kaplanması gerekmektedir. Restoratif amaçla kullanılan bulk-fill kompozitler ise daha yüksek doldurucu içeriğiyle daha yüksek viskozite göstermektedir. Aşınmaya karşı dirençli olduklarından herhangi bir kaplamaya gerek görülmeden kaviteye yerleştirilmektedirler (47).

SDR Plus bulk-fill akışkan kompozit (SDR Plus Bulk Fill Flowable, Dentsply Sirona, Konstanz, Almanya) materyali; tek bileşenli, florür içeren, görünür ışıkla polimerize olan,

radioopak bir kompozit olarak bilinmektedir. Sınıf I, sınıf III ve sınıf V restorasyonlarda, sınıf I ve sınıf II restorasyonlarda kaide materyali olarak, pit ve fissür örtücü olarak, endodontik tedavi sonrasında ve kor yapımında kullanılabilir. Bu materyal düşük viskozitesi sayesinde kavite duvarlarına ve derin kavitelere iyi bir uyum sağlamaktadır. SDR Plus bulk-fill akışkan kompozit, 4 mm derinliğe kadar tek adımda uygulanabilmekte ve böylece restorasyonun daha kısa sürede tamamlanmasıyla uzun süren işlemleri tolere edemeyen hastalarda avantaj sağlayan bir materyal olmaktadır. Yalnızca %3,5 hacimsel büzülme gösteren üretilen dimetakrilat (UDMA) yapısı sayesinde diğer akışkan kompozitlerden daha düşük büzülme göstermektedir. İçeriğinde “polimerizasyon modülatörü” olarak adlandırılan kimyasal bir kısım içeren SDR Plus bulk-fill akışkan kompozit, polimerizasyon sırasında büyük molekül ağırlıklı yapılar oluşturur ve bu yapı ile merkezleşmiş modülatörün çevresindeki konformasyonel esneklik, materyale optimize edilmiş bir esneklik ve ağ yapısı kazandırmaktadır (48).

2.11. Yapay Çürük Oluşturma Yöntemleri

Çürükten etkilenmiş numunelerin kullanılacağı çalışmalarda standardizasyonu sağlayabilmek için çeşitli yaklaşımlarla iv-vitro çürük benzeri lezyonlar elde edilebilmektedir (49).

2.11.1. Biyofilm Modeli

Karyojenik bakterilerle oluşturulan biyofilm ile çürük oluşumunun gerçekleştirildiği bu modelde Streptococcus mutans saf bir kültür sistemi içerisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tek türlü biyofilmde bakteri hücresi büyümesi ve birikim hızı doğru bir şekilde incelenebilmektedir. Bununla birlikte farklı oral patojenlerin analizine de imkan sağlamaktadır. Fakat rekabet, çapraz beslenme gibi bakteri etkileşimleri dikkate alınmamaktadır. Bazı çalışmalarda iki veya daha fazla karyojenik bakterinin kombinasyonundan oluşan biyofilmler de kullanılmaktadır (50).

2.11.2. Kimyasal Olarak Oluşturulan in-vitro Çürük Modeli

Kimyasal modeller asit veya asit tamponu kullanarak çürük oluşumu sürecini taklit etmektedir. Çalışmanın basit olması, düşük maliyetli olması, zaman tasarrufu sağlaması ve tekrarlanabilir olması modelin avantajları arasındayken, çürük oluşumunun mikrobiyolojik yönünü dahil etmemesi dezavantaj olarak sayılmaktadır. Basit demineralizasyon modeli kimyasal çürük oluşturma yöntemlerinin büyük kısmını (%62) oluşturmaktadır ve bu model

ile çeşitli faktörler düzenlenerek lezyon derinliği ile mineral kayıp oranı gibi özellikler kontrol edilebilmektedir (50).

2.11.2.1. Asit Tamponlarının Kullanıldığı in-vitro Yapay Çürük Modeli

Bu modelde demineralize lezyonlar oluşturmak için genellikle hafif organik asitler, laktik asit ve asetik asit gibi asit tamponları kullanılmaktadır. Çalışmaların çoğunda yüzey altı lezyonu oluşturmak için gereken pH değeri 4,4-5 arasında değişmektedir. Deney koşullarının kontrol edilebilmesi, zaman ve maliyet tasarrufu, deneyin tekrarlanabilirliği gibi avantajları bulunmakta olan modelde aynı zamanda pH, zaman, sıcaklık, mineral konsantrasyonu gibi faktörler değiştirilerek lezyonun derinliği, mineral kayıp oranı gibi özellikler kontrol edilebilmektedir (50).

2.11.2.2. pH Siklus Modelinin Kullanıldığı in-vitro Yapay Çürük Modeli

pH siklus modeli, çürük oluşumu sırasında gerçekleşen mineral kaybı ve kazanımı sürecini taklit etmek için geliştirilen bir dizi demineralizasyon ve remineralizasyon döngüsünü içermektedir (51). pH siklus modelinde kullanılan değişkenlerin klinik durumlarda kullanılanlardan daha hassas olması avantaj sağlamaktadır. Bu özellikleriyle çürük sürecinin ve çürük karşıtı etki gösteren materyallerin mekanizmasının anlaşılmasında fayda sağlamaktadır. Ancak bakteriyel biyofilm ve tükürük kullanıldığında bile ağız içi koşulları tamamen yansıtılamamaktadır (52). Plak sıvısını simüle eden solüsyonlar pH siklus modeli ile in-vivo durumlar arasındaki benzerliği arttırmak için kullanılabilmektedir. Bu siklusun süresi birkaç günden aylara kadar değişen aralıkta olabilmektedir (50).

2.12. Bağlanma Dayanımı Testleri

Farklı yapıştırıcı sistemlerin diş yapısına olan bağlantısını değerlendirmek için kullanılan bağlanma dayanımı testleri, restorasyonların uzun ömürlülüğünü öngörebilmek adına güvenilir bir yöntem olarak bilinmekte ve bu testler statik ve dinamik testler olmak üzere iki farklı gruba ayrılmaktadır. Statik testlerde numune sabit tutularak yük uygulanmaktayken dinamik testlerde numune dinamik bir durumdayken yük uygulanmaktadır. Statik testlerde bağ alanı 3 mm'den büyük olduğunda makro bağ mukavemeti testi uygulanırken bağ alanının 1 mm'den daha az olduğu durumlarda mikro bağ testi uygulanmaktadır (53).

2.12.1. Makro Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi

Makro makaslama bağlanma dayanımı testi, prosedürlerinin basit olması sebebiyle bağ mukavemeti ölçümü amacıyla en fazla tercih edilen yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu testte bir yapıştırıcıyla bağlanmış iki malzemeye kırılma gerçekleşene kadar kesme kuvveti uygulanmaktadır (53). ISO standardına göre kuvvet uygulayan bıçak sırtı şeklindeki aparatın çalışma hızının 0,45-1,05 mm/dk aralığında olması gerekmektedir. Elde edilen maksimum kuvvet değerinin bağlanma gerçekleşen yüzey alanına oranlanması ile bağlanma dayanımı test sonucu elde edilmektedir (54). Bu testte bağlama aşamasından sonra numunenin işlenmesi gerekmediği için kolay ve hızlı bir yöntem olarak görülmektedir (53).

2.12.2. Makro Çekme Bağlanma Dayanımı Testi

Makro çekme bağlanma dayanımı testinde gerilimin dağılımı kesme testlerinden daha düzgün olduğundan bağ kopmasını başlatan gerilim seviyesi için daha doğru bir tahmin ortaya koyulmaktadır (55). Bu testte numunenin iki tarafına da yük uygulanmaktadır ve eğilme gerilimleri oluşumunun önüne geçmek için bağlanmış arayüzünün yükleme eksenine dik açıda hizalanması gerekmektedir (53).

2.12.3. İtme Testi

Kök kanal dolgu materyallerini yapışmasını ve kök kanallarına yapıştırılmış postların tutunmasını test etmede kullanılabilen bu yöntemde materyal yerinden oynayana kadar kökün uzun ekseninde dikey bir çekme yükü uygulanmaktadır (56). Bu test, geleneksel bağ testine göre farklı yapıştırıcıların bağ mukavemeti üzerine etkisini gösteren daha doğru bilgi sağlamaktayken uygulaması zaman alıcı ve zahmetli bulunmaktadır (53).

2.12.4. Mikro Kesme Bağlanma Dayanımı Testi

Mikro kesme bağ testi, bir universal test makinesine bağlanmış bıçak ile sabitlenmiş numuneye yükleme kuvvetinin uygulanmasıyla gerçekleştirilmektedir (57). Toplanan numune sayısının daha az olması ve mikro delikli tüpler aracılığıyla test edilen bölgenin kontrolünün daha kolay olması bu tekniğin avantajları olarak bilinmektedir. Küçük numunelere çekme gerilimi uygulandığında mine ve dentinin ayrılma ihtimali olduğundan dolayı minedeki bağlanma dayanımının test edileceği durumlarda mikro kesme testinin mikro çekme testinden daha yararlı olduğu kabul edilmektedir (58). Mikro kesme testi, cam iyonomer veya mine gibi mikro çekme testinin numune hazırlama aşamasındaki etkilerine

ve testin yapılma koşullarına karşı hassas olan materyaller için faydalı bir test olarak değerlendirilmektedir (59).

2.12.5. Mikro Çekme Bağlanma Dayanımı Testi

Mikro çekme bağlanma dayanımı testinde numuneler hazırlandıktan sonra düşük hızlı bir kesme aletiyle dikey olarak bölümlere ayrılmaktadır. Daha sonra maksimum gerilimi sağlamak amacıyla bağlanma yüzeyindeki kesit alanı kum saatine benzer şekilde azaltılmaktadır (53). Bu yöntem ile alınan kesitler sayesinde bir dişten çok sayıda mikro numune elde edilmektedir ve aynı zamanda farklı bölgelerden numune elde edilerek bölgesel farklılıkların değerlendirilmesine imkan sağlanmaktadır. Ayrıca arayüzde daha iyi stres dağılımı sağlamak ve küçük alanlardaki başarısız bağların incelenmesini kolaylaştırmaktadır (60). Ancak numunelerin hazırlanması sırasında uygulanan tekniğin hassasiyet gerektirmesi ve bölümlere ayırma esnasında mine kusuru ve çatlaklara neden olarak erken başarısızlığa yol açması tekniğin dezavantajları arasında sayılmaktadır (61). 5 MPa'dan daha düşük bağ mukavemetini ölçmenin zor olması ve daha küçük numunelerin dehidrate olabilmesi bu tekniğin diğer dezavantajlarıdır (53).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Amacı ve Hipotezi

Tez çalışmamız, Gümüş Diamin Fluorid (GDF) uygulamasının hemen ardından ve iki hafta bekleme süresi sonrası rezin modifiye cam iyonomer siman (RMCİS) ve self-adeziv restoratif materyal (SDR) ile restore edilen çekilmiş süt dişlerindeki demineralize dentin ile restoratif materyal arasındaki bağlanma kuvvetlerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Çalışmamızdaki hipotezlerimiz şu şekildedir;

- Restoratif materyallerin farkının bağlanma kuvvetine etkisinde fark yoktur.
- Restoratif materyallerin uygulanma zamanlarının bağlanma kuvvetine etkisinde fark yoktur.

3.2. Etik Kurul Onayı

Bu tez çalışması için, Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı'ndan 21.07.2024 tarihinde 2024/28 protokol numarası ile etik onayı alınmıştır (EK-1).

Çalışmadaki örnekler Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Laboratuvarı'nda hazırlanmıştır. Makaslama Bağlanma Dayanımı (MBD) testi Karadeniz Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

3.3. Örnek Sayısının Belirlenmesi

Örneklem büyüklüğünün hesaplanmasında Aldowsari MK ve ark. (62) yapmış olduğu çalışma esas alınmıştır. Hesaplama sırasında alfa hata=0.05, beta hata=0.20 ve etki büyüklüğü=0.8 olacak şekilde toplamda 68 (her bir grup için 17) çekilmiş süt dişinin araştırmaya dahil edilmesi planlanmıştır. Ancak muhtemel veri kayıpları dikkate alınarak toplamda en az 80 çekilmiş süt dişinin (her bir grup için 20'şer) araştırmaya dahil edilmesi planlanmıştır.

3.4. Dişlerin Seçimi ve Toplanması

Tez çalışmamızda, Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'na diş çekimi amacıyla müracaat eden hastalardan elde edilen süt dişleri kullanılmıştır

Dahil Edilme Kriterleri;

- Ortodontik amaçla çekilen veya düşme zamanı gelmiş çürüksüz süt molar dişler
- Daha önce herhangi bir restoratif veya endodontik tedavi görmemiş çürüksüz süt molar dişler

Dışlanma Kriterleri;

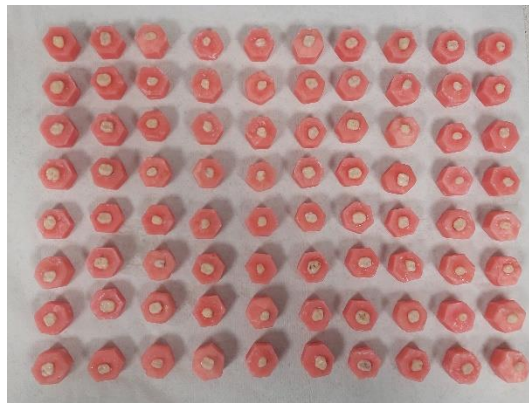
- Çürüklü veya daha önce restoratif veya endodontik tedavi görmüş çürüklü süt molar dişler
- Yapısal bozukluğu olan çürüklü veya çürüksüz süt molar dişler

Süt dişi çekimi yapılan gönüllüler ve ailelerine dişlerin çalışmada kullanılması için “Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu” hazırlanmış ve imzalatılmıştır (EK-2).

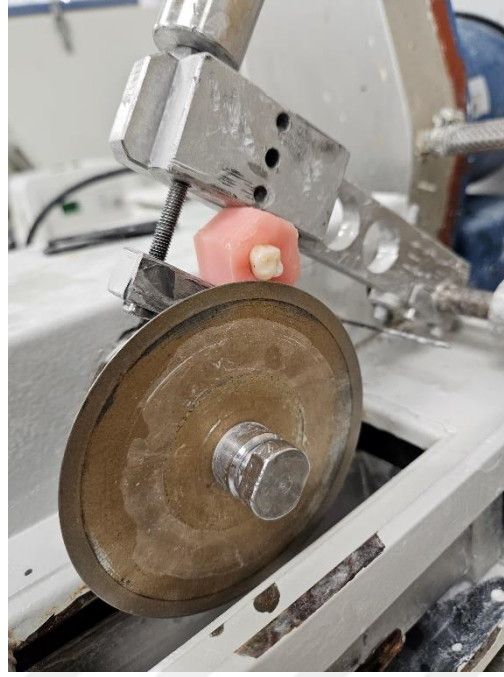
Çekilmiş dişlerin üzerindeki eklentiler polisaj fırçası ile temizlenmiş ve deney süresine kadar %0.5’lik Timol solüsyonunda bekletilmiştir.

3.5. Örneklerin Hazırlanması

Bütün örnekler silikon kalıp kullanılarak mine sement sınırına kadar otopolimerizan akriliğe gömülmüştür (Resim 1). Dişler, oklüzal düzleme paralel düz bir dentin yüzeyi elde etmek amacıyla su soğutması altında düşük hızlı bir kesme cihazı (Micracut 125 Low Speed Precision Cutter, Metkon, Bursa, Türkiye) ile kesilerek hazırlanmıştır (Resim 2, 3).



Resim 1. Silikon Kalıp Kullanılarak Akriliğe Gömülen Diş Örnekleri



Resim 2. Micracut 125 Cihazı Kullanılarak Örneklerin Hazırlanması



Resim 3. Hazırlanmış Dentin Kesiti Örneği

3.6. Dentin Örneklerinin Demineralizasyonu

Yapay çürük oluşturmak amacıyla kullanılan demineralizasyon solüsyonu Karadeniz Teknik Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda hazırlanmıştır. Demineralizasyon solüsyonu, 2.2 mM $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 2.2 mM KH_2PO_4 , 0.05 M asetik asit içermektedir ve 10 M KOH ile pH 4,4 olacak şekilde ayarlanmıştır. Örnekler yapay çürük oluşturmak amacıyla 5 gün boyunca 37°C'de demineralizasyon solüsyonunda bekletilmiştir (63).

3.7. Yapay Tükürük Solüsyonunun Hazırlanması

Bu çalışmada kullanılan yapay tükürük solüsyonu Karadeniz Teknik Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda taze olarak hazırlanmıştır. pH'sı 7 olarak ayarlanan solüsyonun kimyasal formülüne ait veriler Tablo 1'de belirtilmiştir (64).

Tablo 1. Yapay Tükürük Solüsyonunun Kimyasal Formülasyonu (1 L için)

Kimyasal Bileşik	Miktar
NaCl	0.4 g
KCl	0.4 g
CaCl ₂ H ₂ O	0.795 g
NaH ₂ PO ₄ H ₂ O	0.69 g
Na ₂ S ₉ H ₂ O	0.005g

3.8. Çalışma Gruplarının Oluşturulması

Demineralize edilmiş 68 örnek rastgele iki gruba ayrılmıştır. İlk gruba GDF uygulamasından hemen sonra, ikinci gruba ise örneklerin iki hafta boyunca yapay tükürük solüsyonu içerisinde bekletilmesi sonrası restoratif materyal uygulanmıştır. Her grup ayrıca RMCİS ve SDR restorasyonu uygulananlar olarak iki alt gruba ayrılmıştır.

Grup A: GDF uygulamasından hemen sonra RMCİS restorasyonu yapıldı.

Grup B: GDF uygulamasından hemen sonra SDR restorasyonu yapıldı.

Grup C: GDF uygulamasından iki hafta sonra RMCİS restorasyonu yapıldı.

Grup D: GDF uygulamasından iki hafta sonra SDR restorasyonu yapıldı.

3.9. Gümüş Diamin Fluorid Uygulaması

GDF solüsyonu (Riva Star, Step 1, SDI Dental Ltd. Avustralya) üretici talimatları doğrultusunda demineralize edilmiş dentin yüzeyleri kurutulduktan sonra bir mikro fırça ile dentinin orta üçlüsünde belirlenen alana uygulanmıştır. 1 dakikalık bekleme sonrasında numuneler hava-su spreyi ile kurutulmuştur (Resim 4, 5, 6, 7).



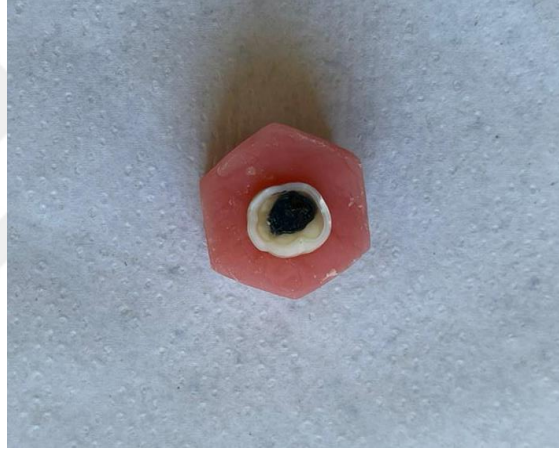
Resim 4. Gümüş Diamin Fluorid (Riva Star, Step 1, SDI Dental Ltd. Avustralya)



Resim 5. GDF Uygulamasında Kullanılacak Malzemeler



Resim 6. GDF'nin belirlenen alana Uygulanması



Resim 7. GDF Uygulaması Sonrası Görüntü

İki haftalık bekleme süresi sonrası restoratif materyal uygulanacak olan gruplar (Grup C ve Grup D) yapay tükürük içerisinde bekletilmek üzere 37°C'deki etüve yerleştirilmiştir.

3.10. Seçilen Restoratif Materyallerin Uygulanması

Grup A ve Grup B'nin restoratif materyal uygulamaları GDF uygulamasından hemen sonra, Grup C ve Grup D'ninkiler ise GDF uygulamasından iki hafta sonra gerçekleştirilmiştir. Kullanılan restoratif materyaller Fuji II ışıkla sertleşen kapsül (Fuji II LC Capsule, GC Corporation, Tokyo, Japonya) ve SDR Plus bulk-fill akışkan kompozit (SDR Plus Bulk Fill Flowable, Dentsply Sirona, Konstanz, Almanya) materyalidir.

Fuji II ışıqla sertleşen rezin ile güçlendirilmiş cam iyonomer restoratif kapsül materyali; servikal lezyonlarda, süt ve daimi dişlerdeki aproksimal lezyonlarda kullanılabilen self-adeziv bir restoratif materyaldir. Kompozitin altında kaide olarak, kor malzemesi olarak, fissür örtücü olarak ve ortodontik braketleri bağlamak için bir yapıştırıcı olarak da kullanılabilmekte olan materyalin diş yapısıyla benzer termal genleşme katsayısı gösterdiği bildirilmektedir. Fuji II ışıqla sertleşen kapsül, mine benzeri yarı saydamlıkta olup iyi bir renk stabilitesine sahip olmakla birlikte geniş bir renk yelpazesi sunmaktadır. Önemli düzeyde florür salınımı yaparken dış kaynaklardan florür alarak şarj edilebilmektedir. Hazırlanan kaviteye uygulanan Kavite Conditioner (GC Corporation, Tokyo, Japonya) yıkanıp durulandıktan sonra amalgamatör ile 10 sn karıştırılan kapsülün yerleştirilerek 20 sn ışıqlanması önerilmektedir.

SDR Plus bulk-fill akışkan kompozit materyali, florür içeren radyoopak bir kompozit olarak bilinmektedir. Sınıf I, sınıf III ve sınıf V restorasyonlarda, sınıf I ve sınıf II restorasyonlarda kaide olarak, pit ve fissür örtücü olarak, endodontik tedavi sonrasında ve kor yapımında kullanılabilmektedir. Düşük viskozitesi sayesinde kavite duvarlarına iyi bir uyum sağlayan SDR Plus bulk-fill akışkan kompozitin, 4 mm derinliğe kadar uygulanarak 20 sn ışıqlanması önerilmektedir (48).

Çalışmada kullanılan materyaller Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan materyaller

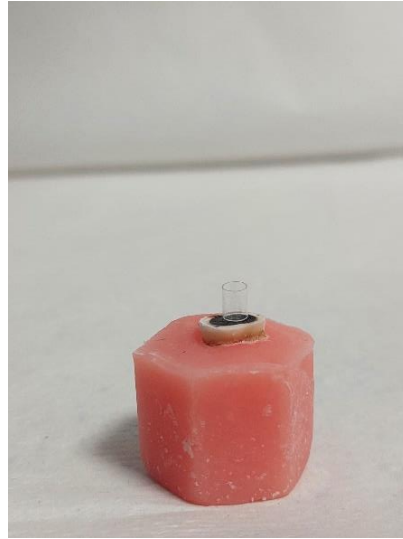
Materyal	Tipi	İçeriği	Üretici Firma
GDF	Remineralizasyon Solüsyonu	%25 gümüş, %5 florür, %8 amonyak, %62 su	Riva Star, Step 1, SDI Dental Ltd., Avustralya
Fuji II LC Capsule	ışıqla sertleşen rezin ile güçlendirilmiş cam iyonomer restoratif kapsül materyali	Toz: Floro-alumino-silikat cam Likit: poliakrilik asit, HEMA, 2,2,4, trimetil heksametilen dikarbonat, TEGDMA	GC Corporation, Tokyo, Japonya
SDR® Plus	Bulk-fill akışkan kompozit	Modifiye UDMA, EBPADMA, TEGDMA, kamforokinon, UV stabilize edici, BHT, titanyum dioksit ve demir oksit pigmentleri, Baryum-alümino-floro-borosilikat cam, Stronsiyum alümino-floro-silikat cam	Dentsply Sirona, Konstanz, Almanya
GC Kavite Conditioner	Kavite temizleyici ajan	%20 poliakrilik asit, %3 alüminyum klorid heksahidrat, distile su	GC Corporation, Tokyo, Japonya

Tablo 2. (Devam)

Materyal	Tipi	İçeriği	Üretici Firma
Prime&Bond Universal	Universal bağlayıcı ajan	PENTA, 10-MDP, isopropanol, aseton, su	Dentsply Sirona, Konstanz, Almanya

3.10.1. Grup A: GDF + RMCİS Uygulaması (Hemen Yükleme)

GDF uygulanmış dentin yüzeyinin orta üçlüsünde belirlenen 3 mm boyutundaki alana %20 poliakrilik asit içeren Kavite Conditioner 10 saniye süreyle uygulandı ve yıkanıp kurulandı. 3 mm × 4 mm boyutlarında kesilerek hazırlanan silindir şeklindeki plastik kalıpların içerisine Fuji II LC kapsül enjekte edilerek 20 saniye ışıklandı (Resim 8, 9). Restoratif materyal ışıklanıp sertleştikten sonra kullanılan kalıp uzaklaştırıldı ve fazla materyal artıkları bistüri yardımıyla temizlendi (Resim 10). Restorasyonu tamamlanan numuneler pH'sı 7 olarak ayarlanan yapay tükürük solüsyonuna koyularak 37°C'deki etüve yerleştirilmiştir.



Resim 8. 3 mm × 4 mm Boyutunda Hazırlanıp Yerleştirilmiş Plastik Kalıp



Resim 9. Fuji II LC Capsule, GC Corporation, Tokyo, Japonya



Resim 10. Restoratif Materyal Uygulaması Sonrası Örneklerin Görüntüsü

3.10.2. Grup B: GDF + SDR Uygulaması (Hemen Yükleme)

GDF uygulanmış dentin yüzeyinin orta üçlüsünde belirlenen 3 mm çapındaki bölgeye mikro fırça kullanılarak Prime&Bond Universal uygulandı ve 5 saniye süre ile hava basıncı ile kurutma uygulaması sonrası 20 saniye ışıklandı. 3 mm × 4 mm boyutlarında kesilerek hazırlanan silindirik şeklindeki plastik kalıpların içerisine SDR Plus bulk-fill akışkan kompozit enjekte edilerek 20 saniye ışıklandı (Resim 11). Restoratif materyal ışıklanıp sertleştikten sonra kullanılan kalıp uzaklaştırıldı ve fazla materyal artıkları bistüri yardımıyla

temizlendi. Restorasyonu tamamlanan numuneler pH'sı 7 olarak ayarlanan yapay tükürük solüsyonuna koyularak 37°C'deki etüve yerleştirilmiştir.



Resim 11. SDR Uygulaması İçin Kullanılan Malzemeler

3.10.3. Grup C: GDF + RMCİS Uygulaması (İki Hafta Sonra Yükleme)

GDF uygulanmış ve iki hafta pH'sı 7 olarak ayarlanan yapay tükürük içerisinde 37°C'deki etüvde bekletilmiş numunelerin dentin yüzeyinin orta üçlüsünde belirlenen 3 mm boyutundaki alana %20 poliakrilik asit içeren Kavite Conditioner 10 saniye süreyle uygulandı ve yıkanıp kurulandı. 3 mm × 4 mm boyutlarında kesilerek hazırlanan silindir şeklindeki plastik kalıpların içerisine Fuji II LC kapsül enjekte edilerek 20 saniye ışıklandı. Restoratif materyal ışıklanıp sertleştikten sonra kullanılan kalıp uzaklaştırıldı ve fazla materyal artıkları bistüri yardımıyla temizlendi.

3.10.4. Grup D: GDF + SDR Uygulaması (İki Hafta Sonra Yükleme)

GDF uygulanmış ve iki hafta pH'sı 7 olarak ayarlanan yapay tükürük içerisinde 37°C'deki etüvde bekletilmiş numunelerin dentin yüzeyinin orta üçlüsünde belirlenen 3 mm çapındaki bölgeye mikro fırça kullanılarak Prime&Bond Universal uygulandı ve 5 saniye süre ile hava basıncı ile kurutulduktan sonra 20 sn ışıklandı. 3 mm × 4 mm boyutlarında kesilerek hazırlanan silindir şeklindeki plastik kalıpların içerisine SDR Plus bulk-fill akışkan kompozit enjekte edilerek 20 saniye ışıklandı. Restoratif materyal ışıklanıp sertleştikten sonra kullanılan kalıp uzaklaştırıldı ve fazla materyal artıkları bistüri yardımıyla temizlendi.

Çalışmamızda örneklerin restore edildikten sonra bir Termal Siklus Özellikli Çiğneme Simülatörüne (Çok fonksiyonlu çiğneme simülatörü, Analitik Medikal, Gaziantep, Türkiye) yerleştirilerek termodöngü işlemine tabi tutulması planlanmaktaydı ancak yapılan denemeler sonucunda örneklerin cihaza uyumlu olmadığı görüldü ve çalışmanın yönteminde değişiklik yapıldı. Restoratif materyal uygulanan tüm numuneler, içerisinde distile su bulunan kaplara koyulup 37°C'deki etüve yerleştirilerek 30 gün süresince yaşlandırma işlemi uygulandı (65).

3.11. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi

30 gün süresince yaşlandırma işlemi uygulanan numuneler bu süre sonunda distile sudan çıkartılarak makaslama bağlanma dayanımı testi için hazırlandı. Örnekler vidalı bir sıkıştırma sistemine sahip yardımcı parça ile Karadeniz Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği araştırma laboratuvarında bulunan Instron Universal test cihazına (Instron Corp, Canton, Massachusetts, USA) sabitlendi (Resim 12). Kesme işlemini yapacak olan bıçak sırtı şeklindeki uç, 0,5 mm / dk'lık hızla restoratif materyal ile dik açı yapacak şekilde ayarlandı (Resim 13). Dentin ile restoratif materyalin ara yüzeyine kırılma gerçekleşinceye kadar kuvvet uygulandı ve Newton (N) cinsinden elde edilen kırılma değerleri aşağıdaki formül kullanılarak Megapaskal (MPa) değerlerine çevrilerek kaydedildi.

$$\text{MBD (MPa)} = \text{Yük (N)} / \text{Alan (mm}^2\text{)}$$



Resim 12. Instron Universal test cihazı



Resim 13. Örneklerin Instron Universal Test Cihazına Yerleştirilmesi

3.12. Kırılma Yüzeylerinin Değerlendirilmesi

Makaslama bağlanma dayanımı testi sonrasında numunelerin kırılma yüzeyleri stereomikroskop (Olympus SZ-4045 ESD) ile $\times 40$ büyütme altında incelendi.

Başarısızlık modları üç gruba ayrılmıştır:

Adeziv Kırık: Tamamı bağlanma yüzeyinde gerçekleşen kırık

Koheziv Kırık: Tamamı restoratif materyal veya dentin içerisinde gerçekleşen kırık

Karışık Kırık: Adeziv kırık ve koheziv kırığın kombinasyonu

3.13. Örneklerin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile İncelenmesi

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemeleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda (MERLAB) gerçekleştirildi. Her gruptan rastgele iki örnek seçilerek taramalı elektron mikroskobunda incelenmek üzere hazırlandı. Örneklerin yüzeyi bir kaplama cihazı (SPI Module Sputter Coater, SPI Supplies, ABD) kullanılarak altın ile kaplandı (Resim 14). Taramalı elektron mikroskobu (EVO LS10, Zeiss, Oberkochen, Almanya) kullanılarak $\times 100$ ve $\times 1000$ büyütmede görüntüler alındı (Resim 15).



Resim 14. Yüzey Kaplama Cihazı



Resim 15. SEM

3.14. İstatistiksel Değerlendirme

İstatistiksel analizlerde SPSS for Windows 23.0 (Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc, Chicago, IL, ABD) programı kullanıldı. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilk testi ile değerlendirildi. Tanımlayıcı istatistikler; ortalama, standart sapma, ortanca, minimum ve maksimum değerler olarak verildi. Gruplar arasındaki karşılaştırmalarda Kruskal Wallis, Mann Whintey U testi ve Bonferroni düzeltmesi kullanıldı. $P < 0.05$ düzeyi istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi ve gerekli durumlarda kritik p değeri yeniden hesaplandı.

4. BULGULAR

Çalışmanın başlangıcında 80 adet süt dişi elde edildi ancak çalışmanın seyri sırasında yaşanan örnek kayıpları sebebiyle 68 (her bir grup için 17) numune çalışmaya dahil edildi.

4.1. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi Sonuçları

Çalışmamızdaki tüm gruplara makaslama bağlanma dayanımı testi uygulanarak elde edilen değerler istatistiksel analizlerle değerlendirildi.

RMCİS grubunda GDF uygulaması sonrası hemen restorasyonu yapılanlarla iki hafta sonra restorasyonu yapılanlar karşılaştırıldığında, iki hafta sonra restorasyonu yapılan grubun bağlanma dayanımı değerlerinin daha yüksek olduğu görüldü ve bu fark istatistiksel olarak bulundu ($p=0.009$; $p<0.05$). SDR grubunda, GDF uygulaması sonrası hemen restorasyonu yapılanlarla iki hafta sonra restorasyonu yapılanlar karşılaştırıldığında, iki hafta sonra restorasyonu yapılan grubun bağlanma dayanımı değerlerinin daha yüksek olduğu görüldü ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p=0.011$; $p<0.05$).

GDF uygulaması sonrası hemen restorasyonu yapılan RMCİS grubu ile SDR grubu karşılaştırıldığında, SDR grubunun bağlanma dayanımı değerlerinin daha yüksek olduğu görüldü ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p>0.05$). GDF uygulamasından iki hafta sonra restorasyonu yapılan RMCİS grubu ile SDR grubu karşılaştırıldığında, SDR grubunun bağlanma dayanımı değerlerinin daha yüksek olduğu görüldü ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p>0.05$).

Grupların makaslama bağlanma dayanımı testi sonuçlarına göre ortalama, standart sapma, ortanca ve min-maks değerleri Tablo 3'te, GDF uygulaması sonrası hemen ve iki haftalık bekleme süresi sonunda gerçekleştirilen restorasyonların makaslama bağlanma dayanımı değerlerini karşılaştıran grafik Şekil 1'de görülmektedir.

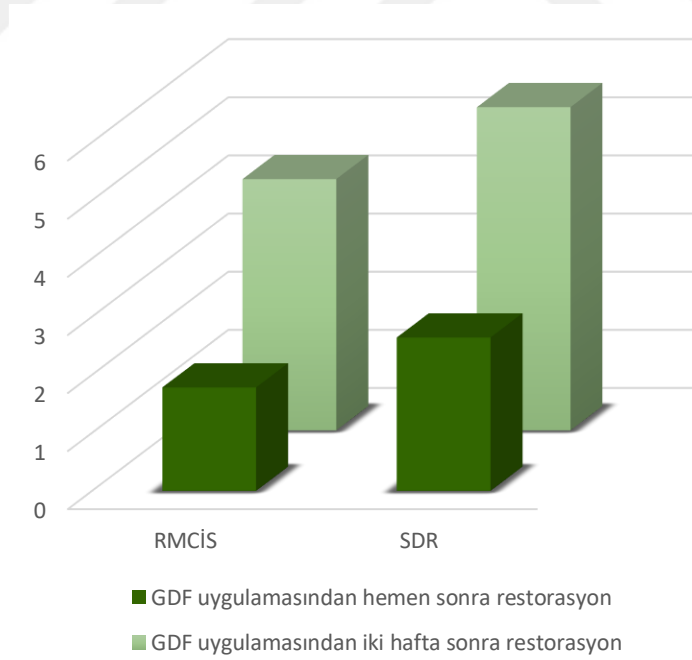
Tablo 3. Grupların makaslama bağlanma dayanımı testi sonuçlarına göre ortalama, standart sapma, medyan ve min-max değerleri

Grup	n Ort± SS	Ortanca	Min - Maks	İstatistiksel Karşılaştırma (p)
Grup A - GDF uygulamasından sonra RMCİS restorasyon	17 1.783±0.3548	1.288	0.2 – 5.8	A < C ($p=0.009$)

Tablo 3. (Devam)

Grup B - GDF uygulamasından hemen sonra SDR restorasyon	17 2.642±0.8666	2.400	0.4 – 8.6	B < D (p=0.011)
Grup C - GDF uygulamasından iki hafta sonra RMCİS restorasyon	17 4.323±0.5660	3.729	0.5 – 14.8	C > A (p=0.009)
Grup D - GDF uygulamasından iki hafta sonra SDR restorasyon	17 5.560±0.8586	5.055	1.2 – 12.4	D > B (p=0.011)
				A vs B: ns (p>0.05) C vs D: ns (p>0.05)
ns: non significant				

Şekil 1. GDF uygulaması sonrası hemen ve iki haftalık bekleme süresi sonunda gerçekleştirilen restorasyonların makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin karşılaştırılması



4.2. Stereomikroskop İncelemesi Sonuçları

Makaslama bağlanma dayanımı testi sonrası dentin yüzeyleri stereomikroskop ile incelendi ve kırılma tipleri adeziv, koheziv ve karışık kırık olarak gruplara ayrıldı. Kırık tiplerinin gruplara göre dağılımı Tablo 4’te görülmektedir.

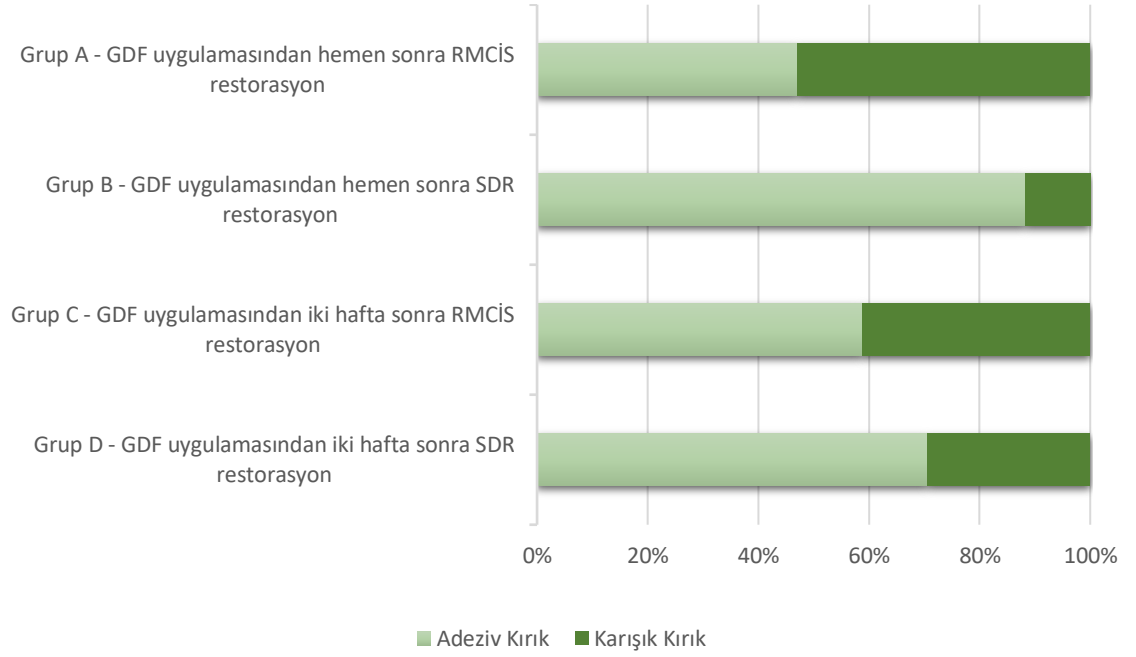
Tablo 4. Kırık tiplerinin gruplara göre dağılımı

Grup	Kırılma Tipi (n=17)		
	Adeziv Kırık	Karışık Kırık	Koheziv Kırık
Grup A - GDF uygulamasından hemen sonra RMCİS restorasyon	8 (47.1%)	9 (52.9%)	0 (0.0%)
Grup B - GDF uygulamasından hemen sonra SDR restorasyon	15 (88.2%)	2(11.8%)	0 (0.0%)
Grup C - GDF uygulamasından iki hafta sonra RMCİS restorasyon	10 (58.8%)	7 (41.2%)	0 (0.0%)
Grup D - GDF uygulamasından iki hafta sonra SDR restorasyon	12 (70.6%)	5 (29.4%)	0 (0.0%)

Deney gruplarının stereomikroskop ile incelenmesi sonucu kırık yüzeylerinin değerlendirilmesinde, GDF uygulamasından hemen sonra RMCİS ile restore edilen grupta (Grup A); en fazla karışık kırık, GDF uygulamasından hemen sonra SDR ile restore edilen grupta (Grup B); en fazla adeziv kırık, GDF uygulamasından iki hafta sonra RMCİS ile restore edilen grupta (Grup C); en fazla adeziv kırık, GDF uygulamasından iki hafta sonra SDR ile restore edilen grupta (Grup D); en fazla adeziv kırık görüldü. Deney gruplarının hiçbirinde koheziv kırık görülmedi.

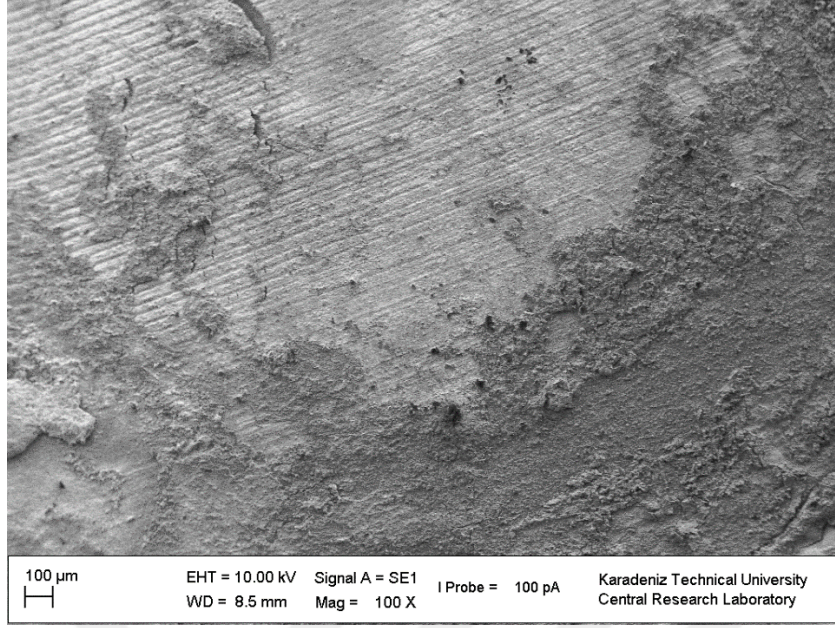
Restoratif materyal ve zaman ayrımı yapılmaksızın bütün gruplar değerlendirildiğinde kırılma tipleri ağırlıklı olarak adeziv kırık (45) olarak görülürken bunu karışık kırık (23) izledi. Grupların başarısızlık modu dağılımları şekil 2’de görülmektedir.

Şekil 2. Grupların başarısızlık modu dağılımları

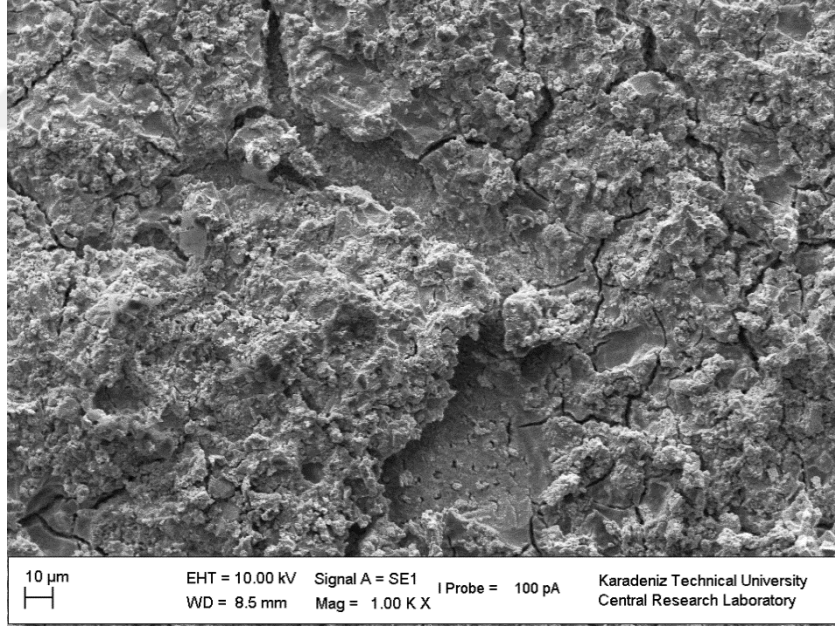


4.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İncelemesi Sonuçları

GDF uygulamasından hemen sonra RMCİS ile restore edilen örneğin kırılma sonrası SEM incelemesiyle elde edilen $\times 100$ büyütmedeki görüntüsü Resim 16'da, $\times 1000$ büyütmedeki görüntüsü Resim 17'de gösterilmektedir.

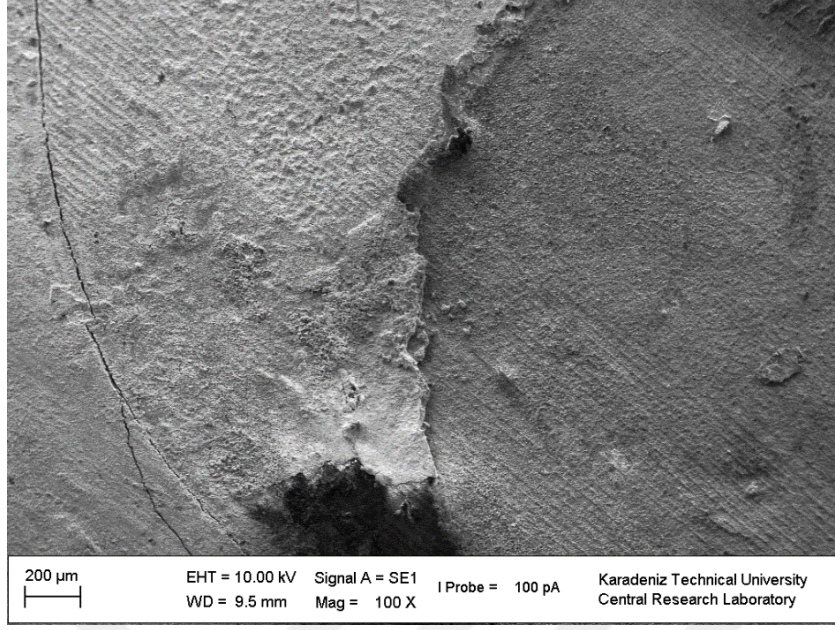


Resim 16. GDF uygulamasından hemen sonra RMCİS ile restore edilen örneğin kırılma yüzeyinin SEM görüntüsü ($\times 100$)

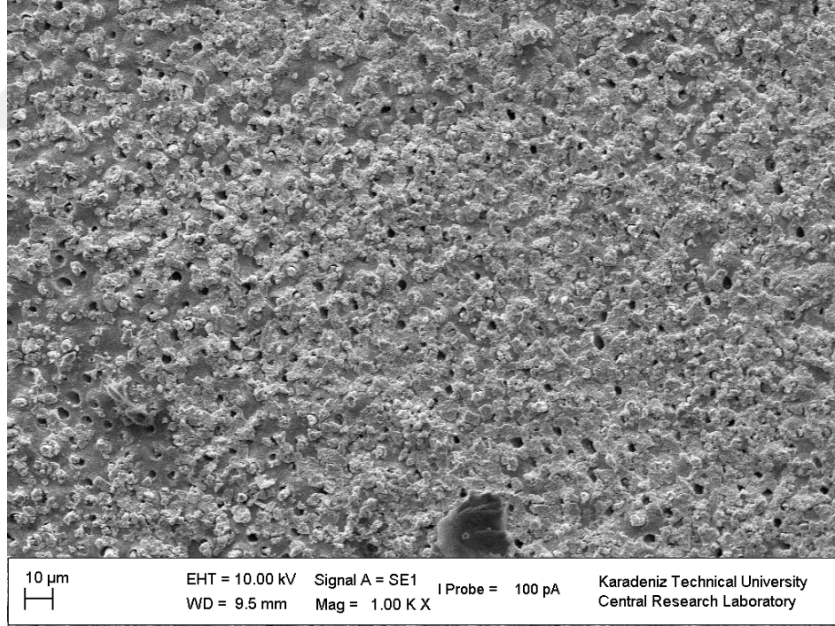


Resim 17. GDF uygulamasından hemen sonra RMCİS ile restore edilen örneğin kırılma yüzeyinin SEM görüntüsü ($\times 1000$)

GDF uygulamasından hemen sonra SDR ile restore edilen örneğin kırılma sonrası SEM incelemesiyle elde edilen $\times 100$ büyütmedeki görüntüsü Resim 18’de, $\times 1000$ büyütmedeki görüntüsü Resim 19’da gösterilmektedir.

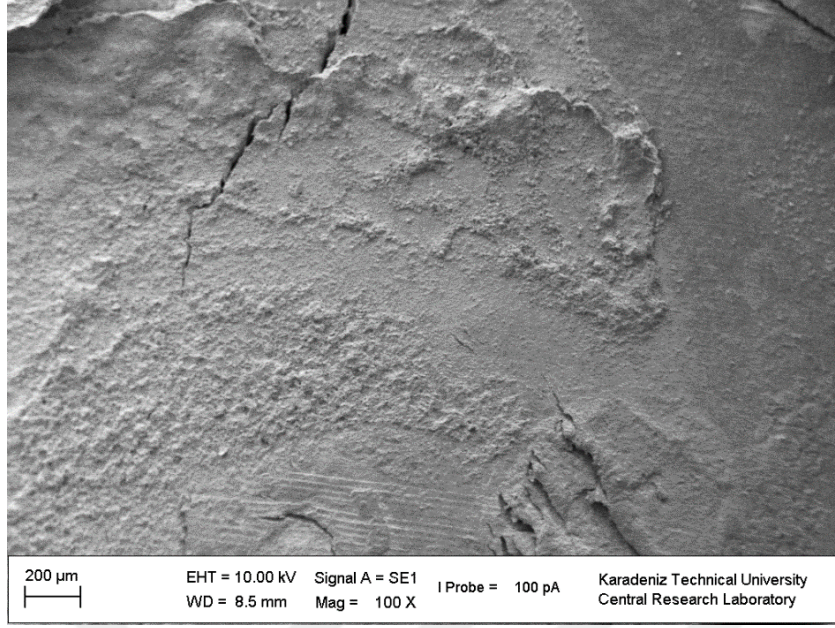


Resim 18. GDF uygulamasından hemen sonra SDR ile restore edilen örneğin kırılma yüzeyinin SEM görüntüsü ($\times 100$)

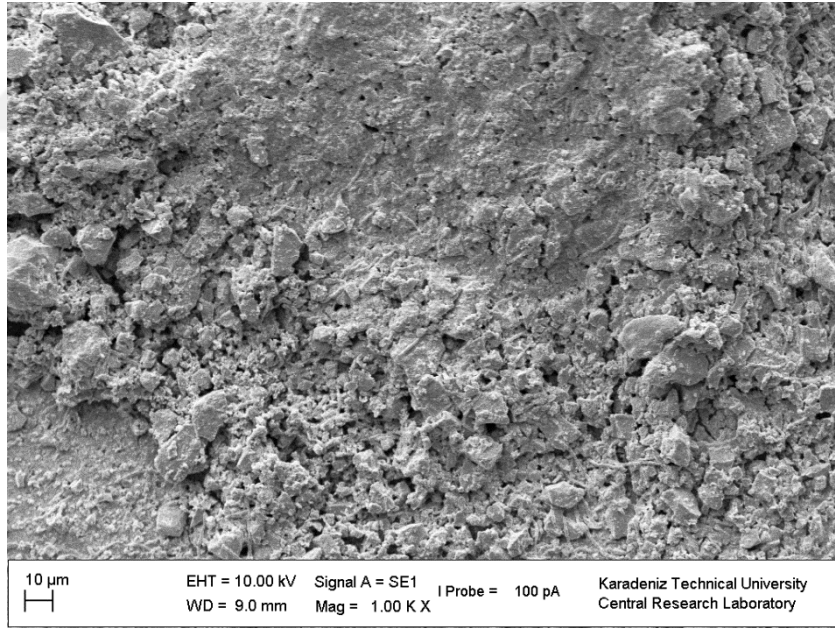


Resim 19. GDF uygulamasından hemen sonra SDR ile restore edilen örneğin kırılma yüzeyinin SEM görüntüsü ($\times 1000$)

GDF uygulamasından iki hafta sonra RMCİS ile restore edilen örneğin kırılma sonrası SEM incelemesiyle elde edilen $\times 100$ büyütmedeki görüntüsü Resim 20’de, $\times 1000$ büyütmedeki görüntüsü Resim 21’de gösterilmektedir.

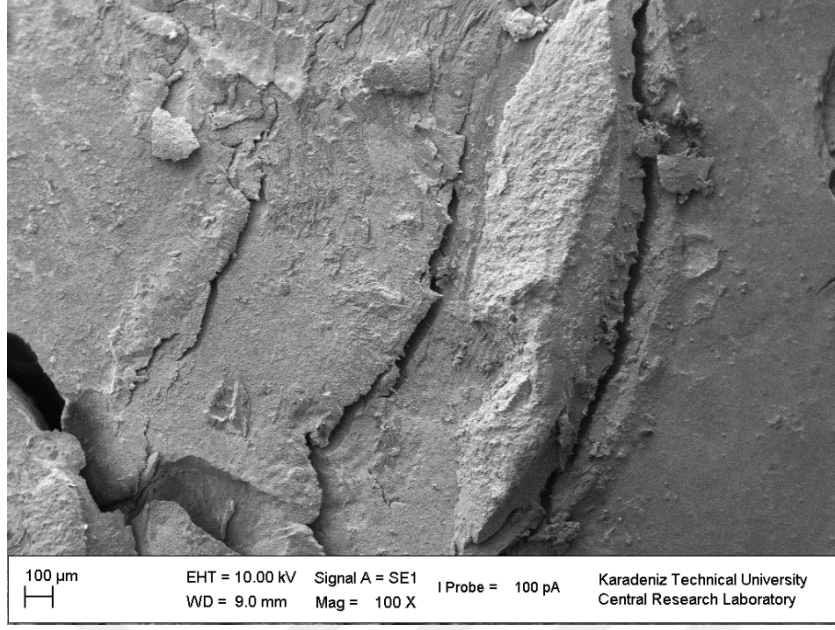


Resim 20. GDF uygulamasından iki hafta sonra RMCİS ile restore edilen örneğin kırılma yüzeyinin SEM görüntüsü ($\times 100$)

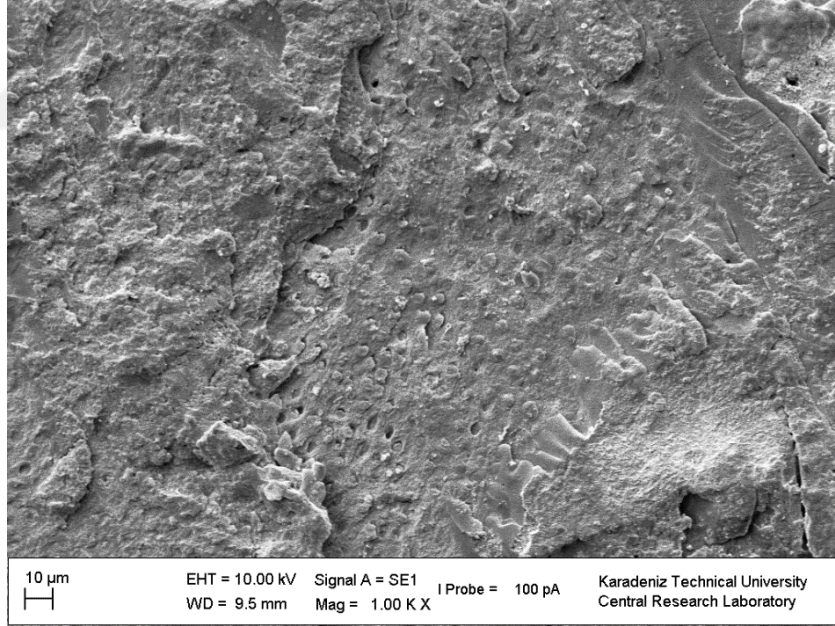


Resim 21. GDF uygulamasından iki hafta sonra RMCİS ile restore edilen örneğin kırılma yüzeyinin SEM görüntüsü ($\times 1000$)

GDF uygulamasından iki hafta sonra SDR ile restore edilen örneğin kırılma sonrası SEM incelemesiyle elde edilen $\times 100$ büyütmedeki görüntüsü Resim 22’de, $\times 1000$ büyütmedeki görüntüsü Resim 23’te gösterilmektedir.



Resim 22. GDF uygulamasından iki hafta sonra SDR ile restore edilen örneğin kırılma yüzeyinin SEM görüntüsü (×100)



Resim 23. GDF uygulamasından iki hafta sonra SDR ile restore edilen örneğin kırılma yüzeyinin SEM görüntüsü (×1000)

5. TARTIŞMA

Diş çürüğü, prevalansı en yüksek çocukluk çağı hastalıkları arasındadır ve tedavi edilmediğinde pulpal ve periapikal patolojilere, bunun sonucunda da fonksiyonel ve psikososyal sorunlara yol açabilmektedir (1, 2, 17). Son yıllarda geleneksel restoratif yaklaşımlara alternatif olarak geliştirilen non-invaziv yöntemlerden biri olan Gümüş Diamin Fluorid (GDF), çürük ilerleyişini durdurma konusunda yıllar içinde artış gösteren bir ilgi görmektedir (3). Bu çalışmada GDF uygulaması sonrası restorasyon zamanlamasının ve kullanılan materyalin bağlanma dayanımı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Flor içeren ajanların kullanımıyla çürük ilerleyişi durdurulabilmekte ve aktif lezyonlar inaktif hale dönüştürülebilmektedir (1). Florür, hidroksiapatit kristallerinin çözünmesini engelleyip hasarlı olan kristallerin remineralizasyonunu sağlayarak diş çürümesine karşı koruyucu etki göstermektedir. Ayrıca asit üreten bakterilerin metabolik aktivitesini etkileyerek plaktaki asit üretimini engellemektedir. Topikal florür uygulamalarından sonra mine yüzeyinde oluşan yüksek konsantrasyonda florür içeren tabaka, florür rezervuarı görevi görmektedir. Asit atakları sırasında yavaşça salınan florür, mineyi remineralize edip karyojenik bakteri metabolizmasına müdahale etmektedir (66).

Gümüş Diamin Fluorid; antibakteriyel etki göstererek, mine ve dentinin remineralizasyonunu teşvik ederek ve dentin kollojeninin parçalanmasını önleyerek diş çürüğünü durdurmaktadır (3). Ayrıca kök çürüklerini durdurmada, çürük oluşumunu önlemede, dentin hassasiyeti olan dişlerde ve enfekte kök kanallarının tedavisinde kullanım alanları mevcuttur (67). İçeriğindeki gümüş iyonu ile antibakteriyel etki sağlamaktayken florür ile de remineralizasyonu desteklemektedir (68). Gümüş iyonu, proteinlerin ve DNA'nın sülfidril gruplarıyla etkileşime girmekte ve hidrojen bağlarını değiştirip solunum gibi hücresel fonksiyonları engellemektedir. Bu etkilerle biyofilm oluşumunun önüne geçmektedir. İçeriğindeki florür iyonu, hidroksiapatit ile reaksiyona girip kalsiyum florürü oluşturarak remineralizasyonu sağlamaktadır (67).

Gümüş Diamin Fluorid düşük maliyetlidir, uygulaması kolaydır ve minimum hazırlıkla uygulanabilmektedir. Sahip olduğu bu avantajlarının yanında diş dokularına gümüş yan ürünlerinin çökmesi sebebiyle siyah renklenmeye sebep olması dezavantajı olarak bilinmektedir (4). Uygulama sonrası oluşan bu renklenmenin memnuniyetsizlik oluşturabilmesi sebebiyle hastalara işlem öncesinde renklenmeyle ilgili detaylı bilgi verilmesi önerilmektedir. Diğer dezavantajları arasında metalik tada sahip olması ile dişeti

ve mukozaya temas etmesi halinde geçici tahrişe neden olması sayılabilir. Uygulama öncesinde ilgili dişin çevresindeki dokuların vazelin ile izole edilmesi önerilmektedir (67). GDF'nin uygulandığı diş bölgesi ve dişlerde plak bulunup bulunmaması etkinliğini değiştirmektedir. Ön dişlere uygulandığında arka dişlere göre çürük durdurma oranı daha yüksektir. Yüzeyinde plak bulunan dişlerde etkinliği düşmektedir. GDF çürükleri durdururken aynı zamanda yeni çürük lezyonu gelişimini de önlemektedir (34).

Gümüş Diamin Fluorid adeziv materyallerin dentin tübüllerine penetrasyonunu engelleyerek restorasyonların bağ mukavemetinin azalmasına sebep olabilmektedir (7). Ancak GDF uygulaması sonrası yüzeyin yıkanması, kurutulması, yüzeye sodyum hipoklorit ve poliakrilik asit uygulanması gibi yöntemlerle bağ mukavemetinin iyileştirilebileceğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır (69–71). Ayrıca GDF kullanımının bağ mukavemetini önemli ölçüde etkilemediğini ortaya koyan çalışmalar da mevcuttur (69, 72). Puwanawiroj ve ark. tarafından gerçekleştirilen, GDF'nin CİS ve çürük süt dişi dentini arasındaki mikro çekme bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlayan çalışmanın sonucunda GDF'nin CİS ve çürük süt dişi dentini arasındaki bağlanma dayanımını üzerinde olumsuz bir etkiye sebep olmadığı ortaya koyulmuştur (73). Khor ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada restorasyondan hemen önce GDF uygulamasının, CİS'in sağlam dentine olan bağ mukavemetini azaltırken kimyasal olarak oluşturulmuş yapay çürük dentine olan bağ mukavemetini azaltmadığı görülmüştür. Bununla birlikte GDF uygulamasından bağımsız olarak yapay olarak çürük oluşturulmuş dentinin sağlam dentinle karşılaştırıldığında CİS'e karşı daha düşük bağ mukavemetine sahip olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmayla GMART restorasyonlarının bağ mukavemetinin GDF uygulamasıyla tehlikeye atılmadığı gösterilmiştir (74). Literatürde GDF'nin bağ mukavemeti üzerindeki etkilerine dair kesin olmayan bulgular bulunmaktadır ve daha fazla araştırmaya gerek görülmektedir (75).

Gümüş Diamin Fluorid'in %10, %12, %30 ve %38 gibi çeşitli konsantrasyonları bulunmaktadır (6). %12 ve %38'lik konsantrasyonlardaki GDF'nin etkinliğinin karşılaştırıldığı bir çalışmada %38'lik konsantrasyondaki GDF'nin süt dişlerindeki çürükleri durdurmada daha fazla etki gösterdiği bildirilmektedir (76). Bir başka çalışmada %38, %30 ve %12 konsantrasyonlarındaki GDF çözeltilerinin matriks metalloproteinazlar (MMP'ler) üzerindeki inhibitör etkisi incelenmiş ve %38 konsantrasyondaki GDF'nin inhibitör etkisi en fazla bulunmuştur (77). Dentin çürüğünü durdurmada topikal florür uygulamalarının etkinliğini karşılaştıran bir çalışmada %38'lik GDF'nin yıllık uygulamasının uygulama

öncesinde çürük temizlenmesine gerek duyulmaksızın dentin çürüklerini durdurmada etkili olduğu görülmüştür (78). Çalışmamızda çürükleri durdurmadaki başarısı göz önüne alınarak %38 GDF içeren SDI Riva Star Step 1 (Riva Star, Step 1, SDI Dental Ltd., Avustralya) kullanılmıştır.

Gümüş Diamin Fluorid uygulaması sonrasında dişin restore edilmesi planlanıyorsa iki ila dört hafta beklenebilmektedir ve bu süreçte lezyon sertleşerek sağlıklı dentinden daha sert bir hale gelmektedir. Bununla birlikte serbest gümüş dağılmakta ve restorasyonun lekelenmesini önlemektedir (9). Amerikan Diş Hekimleri Birliği'nin çürük lezyonların restoratif olmayan tedavilerini içeren güncel kılavuzları %38 GDF uygulamasını içermekte fakat restorasyonları için belirli bir zaman önerisi bulunmamaktadır (79). Bildiğimiz kadarıyla, literatürde GDF üzerine yapılan araştırmaların arttığı görülmektedir. Fakat süt dişlerinde GDF uygulaması sonrası restorasyonun yapılması için geçen sürenin bağlantı üzerindeki etkisini gösteren çalışmaların sayısı sınırlıdır. Dolayısıyla çalışmamız, GDF uygulandıktan sonra farklı zaman aralıklarında RMCİS ve SDR ile restore edilen çekilmiş süt dişlerindeki çürük dentin ile restoratif materyal arasındaki bağlanma kuvvetini karşılaştırmalı olarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Araştırmanın yakın gelecekteki sonuçlarında in-vitro ortamda yapılan testler sonucunda test edilen sürelerde GDF uygulaması sonrası en iyi bağlantıyı sağlayan materyalin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Uzak gelecekte ise sonuçların klinik çalışmaya uyarlanabilmesi için akademik çıktı haline getirilip klinik koşullarda uygulanabilmesine yönelik fikir elde edilecektir. Çalışmamızda GDF uygulaması sonrası hemen restore edilen gruplarla iki hafta sonra restore edilen grupların makaslama bağlanma dayanımı değerleri karşılaştırılmıştır.

Çürüğün ilerleyişini engellemek, çürük dokuyu uzaklaştırmak yerine GDF gibi önleyici yöntemler kullanılarak da sağlanabilmektedir. Uygulama sonrasında diş dokusunu restore etmek işbirliği yapamayan çocuklarda mümkün olmadığında GDF tedavisi non-restoratif çürük tedavisi olarak uygulanmakta, ancak estetik gerekçelerle veya lezyonun ilerlemesinden endişe duyulması durumunda uygulama sonrasında restoratif tedaviye ihtiyaç duyulabilmektedir (8). Cam İyonomer Simanlar, dentine kimyasal bağlanmanın yanında mikromekanik bağlanma da gösteren asit bazlı materyallerdir ve özellikle ART'lerde yaygın olarak kullanılmaktadır (80). Ancak zayıf eğilme mukavemetleri nedeniyle kırılmaya karşı hassastırlar ve sertleşme süresinin uzun olması, nem hassasiyeti, dehidratasyon gibi dezavantajları bulunmaktadır (81, 82). Özelliklerini geliştirip daha iyi bağlantı elde etmek

amacıyla 2-hidroksietil metakrilat (HEMA) monomerini içeren RMCİS'ler geliştirilmiştir (80). RMCİS'lerin; CİS'lerin sahip olduğu florür salınımı, biyouyumluluk, uygun termal genleşme ve büzülme özellikleri ile diş yapısına fiziksel ve kimyasal bağlanma gibi avantajların yanında sertleşme süresinin azalması ve aşınma direncinin iyileşmesi gibi özellikleri de bulunmaktadır (41). Salimian ve ark.'nın gerçekleştirdiği bir çalışmada 48 adet süt anterior çürüksüz diş rastgele dört gruba ayrıldı. Her dişin labial yüzeyindeki test alanı belirlenerek işaretlendi. Grup 1 kontrol grubu olarak belirlendi, Grup 2 demineralize edildi, Grup 3 demineralize edilerek GDF uygulandı, Grup 4 demineralize edilerek GDF uygulandı ve örneklerin yüzeyi polisaj diskleriyle parlatıldı. Tüm deney grupları 1 hafta 37°C'deki inkübatörde tutulmuştur. Örnekler poliakrilik asit uygulandıktan sonra RMCİS ile (Fuji II LC Capsule, GC Corporation, Tokyo, Japonya) 2,6 mm çapında ve 5 mm yüksekliğinde plastik şeffaf tüpler kullanılarak restore edildi. 0,5 mm / dakika çapraz kafa hızına sahip bıçak sırtı şeklinde bir uç kullanılarak makaslama bağlanma dayanımı testi gerçekleştirildi. Ortalama bağ mukavemeti değeri kontrol grubunda diğer gruplara kıyasla anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Grup3'te, Grup 2 ve Grup 4'ten daha yüksek bağ mukavemeti değeri ölçülmüştür (83). Çalışmamızda Salimian ve ark.'nın (83) çalışmasında olduğu gibi flor salınımı, biyouyumluluğu, fiziksel ve mekanik özellikleri, teknik hassasiyetinin az oluşu ve çocuk diş hekimliğinde geniş kullanım alanına sahip bir materyal oluşu göz önünde bulundurularak Fuji II LC kapsül (Fuji II LC Capsule, GC Corporation, Tokyo, Japonya) kullanılmıştır.

Rinsathon ve ark. tarafından yapılan çalışmada farklı GDF uygulamalarının yapay olarak çürük oluşturulmuş dentindeki cam iyonomer restorasyonların makaslama bağlanma dayanımı sonuçlarına etkisi değerlendirilmiştir. Grup 1; kontrol grubu, Grup 2; dentin conditioner, GDF uygulaması ve durulama, Grup 3; dentin conditioner ve GDF uygulaması, Grup 4; GDF uygulaması, durulama ve dentin conditioner, Grup 5; GDF uygulaması ve dentin conditioner şeklinde uygulamalar yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda en yüksek makaslama bağlanma dayanımı değeri Grup 4'teyken, Grup 3 ve Grup 5 düşük değerler göstermiştir. Bulgular Grup 2 ve Grup 4'teki protokollerle tedaviyi desteklemektedir. Adeziv kırık tüm gruplarda en fazla görülen başarısızlık tipi olmuştur. GDF uygulamasından sonra fazla çökeltinin uzaklaştırılmamasının kontrol grubuna kıyasla daha düşük bağ mukavemetine neden olduğu görülmüştür. Bu durumun GDF uygulanmış dentinin yüzey enerjisinin ve ıslaklığının değişmesinden, CİS'in karboksilat grupları ile dentin arasındaki teması engellenmesinden ve GDF'nin yüksek pH'sının CİS'in asit-baz reaksiyonunu

engelleyip bağlantıyı bozabilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. GDF'nin bağlanma üzerindeki olumsuz etkisinin durulama adımıyla engellendiği görülmüştür. Dentin conditioner uygulamasından önce GDF uygulaması ve durulanması önerilmekle birlikte GDF'den önce dentin conditioner uygulaması da kollojen ağına gümüş iyonlarının infiltrasyonunu kolaylaştırıp antibakteriyel etkiyi arttırmasından dolayı uygun görülmüştür (84). Çalışmamızda da Rinsathon ve ark.'nın (85) önerdiği şekilde GDF uygulanmış dentine RMCİS ile restore edilmeden önce diş ile restorasyonun bağlantısını arttırmak amacıyla Kavite Conditioner (GC Corporation, Tokyo, Japonya) kullanılmıştır.

SDR bulk-fill akışkan kompozit, tek bileşenli, florür içeren, görünür ışıkla sertleşen radyoopak bir kompozit olarak bilinmektedir. 4 mm'lik tabakalar halinde uygulanabilmekte ve kendiliğinden seviyelenerek kavite duvarlarına uyum sağlamaktadır (48). Bulk-fill kompozit rezinlerin süt ve daimi dişlere olan bağlanma dayanımını değerlendirmeyi amaçlayan Ilie ve ark.'nın (86) araştırmasında Surefil SDR, Tetric Evo Ceram ve Tetric Evo Ceram Bulk Fill'den daha yüksek makaslama bağlanma dayanımı değerleri göstermiştir. Bu durumu Surefil SDR'nin yüksek akışkanlığıyla diş substratına daha iyi ıslanabilirlik göstermesinin sağladığı düşünülmektedir (86). Van Ende ve ark.'nın universal akışkan kompozit, SDR bulk-fill akışkan kompozit ve geleneksel kompozit rezinin farklı derinliklerde ve yüksek C faktörüne sahip posterior kavitelere tabakalama ve bulk yöntemiyle uygulanması sonrasında mikro çekme testi uygulanarak kavite tabanına adezyonlarını değerlendirdiği çalışmada, SDR bulk-fill akışkan kompozitin uygulama tekniğine bağlı olmaksızın yeterli bağlanma dayanımını gösterdiği bildirilmiştir (87). SDR bulk-fill kompozit, yüksek akışkanlığı ve tek adımda kalın tabakalar halinde uygulanabilmesi sayesinde operatör ve hasta bağımlılığını azaltırken, polimerizasyon stresine karşı gösterdiği direnç ve kavite duvarlarına uyumu ile özellikle derin kavitelere bağlanma başarısını arttırmaktadır (48). Bu yönleriyle SDR bulk-fill kompozit, RMCİS materyalleriyle kıyaslanabilir bir alternatif olarak değerlendirilmiş ve çalışmamızda Van Ende ve ark.'nın materyal seçimiyle uyumlu olarak SDR Plus bulk-fill akışkan kompozit (Dentsply Sirona, Konstanz, Germany) kullanılmıştır.

Quock ve ark. tarafından gerçekleştirilen çalışmada GDF'nin kompozit rezinin dentine olan mikro çekme bağlanma dayanımına etkisini araştırmak amacıyla çekilmiş çürüksüz 42 adet molar diş rastgele altı gruba ayrılmıştır. Grup 1'e; self-etch tekniği, Grup 2'ye; %12 GDF ve self-etch tekniği, Grup 3'e; %38 GDF ve self-etch tekniği, Grup 4'e; etch

and rinse tekniği, Grup 5'e; %12 GDF ve etch and rinse tekniği. Grup 6'ya; %38 GDF ve etch and rinse tekniği uygulanarak 4 mm kalınlığındaki kompozit restorasyonlar kademeli olarak yerleştirilmiştir. Numuneler hazırlanarak mikro çekme test makinesine yerleştirilmiş ve elde edilen değerler MPa cinsinden kaydedilmiştir. Çalışmanın sonucunda farklı GDF konsantrasyonları uygulanan gruplar ile kontrol grupları arasında bağ mukavemetinde anlamlı bir fark görülmemiştir. Self-etch ve etch and rinse grupları arasında da bağ mukavemetinde anlamlı bir fark görülmemiştir. %12 GDF uygulanan self-etch grubu, etch and rinse grubuna göre daha düşük bağ mukavemeti göstermiştir ancak %38 GDF uygulanan gruplarda kullanılan adeziv sistemin bağ mukavemetine önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür. (72). Quock ve akr. (72) çalışmasından yola çıkarak, adeziv sistemler arasında anlamlı bir fark görülmemesi ve klinik uygulamalarda çalışma kolaylığı sağlayacağı düşünöldüğu için çalışmamızda SDR Plus bulk-fill akışkan kompozit ile restore edilen gruplarda Prime&Bond Universal (Dentsply Sirona, Konstanz, Germany) kullanılmıştır.

Klinik deneyler ağız boşluğundaki farklı streslerin eř zamanlı etkisinden dolayı restorasyonlar üzerindeki başarısızlığın temel sebebini belirleyememektedir (60). İn-vitro testler ağız içerisindeki değişkenleri tam olarak karşılayamasa da farklı malzemelerin özelliklerini kısa sürede değerlendirip karşılaştırmaya olanak verdiğinden dolayı klinik uygulamalara rehberlik ederek fayda sağlamaktadır (88). İn-vitro testlerle kontrollü bir ortamda harici faktörler sabit tutularak seçilen parametre hızlı ve kolay şekilde ölçülebilmektedir (60). Bu yönleriyle in-vitro çalışmalar klinik uygulamalar için karar verilmesine yardımcı olmaktadır (89). Bu tez çalışması bu avantajlar göz önünde bulundurularak in-vitro koşullar altında gerçekleştirilmiştir.

İn-vitro bağlanma mukavemetini belirlemek için uygun numuneler hazırlanması önemli olarak görölmektedir. Bazı çalışmalarda sığır dişleri kullanılmış olsa da çekilmiş insan dişleri in-vitro bağlanma testleri için en yaygın şekilde kullanılmaktadır (90). Lippert ve ark.'nın gerçekleştirdiği araştırmada sığır minesinin insan minesinden daha hızlı demineralize olduğu görölmüş ve bu dokuların benzer olduğu fakat tamamen aynı olmadığı ortaya koyulmuştur (91). Çalışmamızda gerçeğe daha yakın sonuç elde etmek amacıyla çekilmiş çürüksüz insan süt dişleri kullanılmıştır.

Çekim sonrası dişlerin susuz kalmalarının önüne geçmek ve mikroorganizma büyümesini engellemek amacıyla bir solösyonun içerisinde saklanması önemlidir (92). Çekilmiş dişlerden kan yoluyla bulaşı mümkün olan hastalık bulaşlarının önüne geçmek için

dişlerin çalışmada kullanılmaya başlamadan önce dekontamine edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla kloramin, formalin, sodyum hipoklorit, timol, alkol ve glutaraldehit gibi çeşitli saklama solüsyonları kullanılabilmektedir. Dişlerin çekildikten sonra solüsyonun çeşidi ve saklama süresi dentin geçirgenliğini ve bağ mukavemetini etkilemektedir (93, 94). %96 etanolde ve %0,1 timol solüsyonunda saklanan örneklerin bağlanma dayanımı ve mine kırığı riskinin değerlendirildiği bir çalışmada numuneleri %96 etanolde depolamanın minenin dehidratasyonuna, kesme bağ mukavemetinin azalmasına ve mine kırıklarına sebep olduğu, bu sebeple %0,1 timol solüsyonunun tercih edilmesi gerektiği sonucuna varılmakla birlikte saklama solüsyonu olarak timol kullanıldığı durumda da mine kırılma oranının in-vivo'dan daha yüksek olduğu bildirilmiştir (95). Deiyonize su, %0,2 glutaraldehit, Hanks Balanslı Tuz Çözeltisi, %0,1 sodyum hipoklorit ve %0,1 timol içeren solüsyonlarda 2 ve 12 aylık depolama sonrası dentin ve minenin mikrosertlik değişimlerinin incelendiği bir çalışmada 2 ay saklanan dişlerin mikrosertlik değerlerinin kabul edilebilir bir aralıkta olup in-vitro testlerde kullanılabileceği, ancak 12 ay saklanan dişlerin mikrosertliğinin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Çözeltiler arasında anlamlı bir fark bildirilmemekle birlikte bütün çözeltiler mine ve dentinin mikrosertliğini azaltmıştır. Mikrosertlikteki azalma deiyonize su ve timol solüsyonlarında daha az görülürken, mikrosertliği en fazla azaltan solüsyon glutaraldehit olmuştur (96). Çalışmamızda kullandığımız dişler çekildikten sonra %0,5'lik timol solüsyonu içerisinde en fazla 2 ay bekletilmiştir.

Mine yüksek oranda hidroksiapatit kristallerinden oluşan yüksek oranda mineralize bir yapıya sahipken dentin organik içerik ve su da içermektedir. Dentinin kollojen kısmının çökmesini önlemek ve adezivin uygun şekilde sızması için ideal bir nemin sağlanması gerekmekte ve bu durum bağlanmayı zorlaştırabilmektedir (97). Dentinin nemliliği ve geçirgenliği yüzeysel ve derin dentinin dentin tübüllerinin sayı ve çapına bağlı olarak değişmektedir. İntertübüler dentinin azalması ve su içeriğinin artması sebebiyle derin dentinde bağlanma yüzeyel dentine göre daha zor olmaktadır (98). Çalışmamızda numunelerin oklüzal yüzeyleri su soğutması altında düşük hızlı bir kesme cihazı (Micracut 125 Low Speed Precision Cutter, Metkon, Bursa, Türkiye) ile pit ve fissürlerin en derin noktasından kesilerek dentin yüzeyleri açığa çıkarılmıştır.

İn-vitro çalışmalarda çekilmiş çürük dişler kullanıldığında oluşan standardizasyon problemlerini çözmek amacıyla in-vitro çürük oluşumunu sağlayan çeşitli yöntemler önerilmiştir (49). Bu yöntemlerden bazıları biyofilm modeli, kimyasal olarak oluşturulan in-

vitro çürük modeli, asit tamponlarının kullanıldığı in-vitro yapay çürük modeli ve pH döngüsü olarak sıralanabilmektedir. (99). Bu yöntemlerle doğal çürük oluşum sürecindeki dönüşümleri taklit edilmeye çalışılmaktadır ancak ağız boşluğunun karmaşık yapısı, oral biyofilm ve tükürüğün hidrodinamik etkisinin taklit edilmesi zordur. İn-vitro ortam doğal ortama kıyasla daha kontrol edilebilir şartlar sunmakta ve tekrarlanabilir deneyler yürütmeye olanak sağlamaktadır. Kimyasal çürük oluşturma yöntemlerinin büyük kısmını (%62) oluşturan basit demineralizasyon modelinde hafif organik asitler ve asit tamponları ile demineralize lezyonların oluşması sağlanmaktadır. Deney süresini ve aşamaları en aza indiren bu model ile çeşitli faktörler düzenlenerek lezyon derinliği ve mineral kayıp oranı gibi özellikler kontrol edilebilmektedir (50). Sağladığı avantajlar göz önüne alınarak çalışmamızda hazırlanan numuneler basit demineralizasyon modeliyle yapay çürük oluşumu için taze olarak hazırlanmış demineralizasyon solüsyonu içerisinde 37°C’de 5 gün boyunca bekletilmiştir (63).

Literatür incelendiğinde, in vitro çalışmalarda restoratif materyallerin uygulanması için çeşitli malzemelerden üretilmiş kalıpların kullanılmış olduğu görülmektedir (83, 100, 101). Çalışmamızda 3 mm × 4 mm boyutlarında hazırlanan silindir şeklindeki plastik kalıplar kullanılmıştır.

İnsan tükürüğünün içeriğinin karmaşıklığı ve bireysel değişken faktörlerin tükürüğe etkisi sebebiyle doğal tükürüğü sentetik şekilde elde etmek mümkün görünmemektedir. Ayrıca insan tükürüğü ağız dışında stabilite problemi göstermekte, içeriğindeki bakteri kolonizasyonu kimyasal bileşiminde değişikliklere yol açabilmekte ve sterilizasyonu organik bileşenlerinde bozulmaya sebep olabilmektedir. Bu gibi sebeplerle in vitro çalışmalarda ortamı stabil halde saklamak ve standart sağlamak amacıyla sentetik tükürük tercih edilebilmektedir. Hazırlanan yapay tükürük solüsyonunun pH değeri yapılan deneye kullanılan materyale bağlı olmakla birlikte 5.0 ile 7.3 arasında değişmektedir (102). Çalışmamızda taze olarak hazırlanan pH’sı 7 olarak ayarlanmış yapay tükürük solüsyonu kullanımı tercih edilmiştir (64).

Restorasyonların diş ile bağlantı yüzeyinde zaman içerisinde yaşlanmanın etkisiyle birtakım değişiklikler meydana gelmektedir. Ağız ortamındaki bu değişiklikleri taklit etmek amacıyla numunelerin distile su ve çeşitli solüsyonlarda yaşlandırılması, termosiklus ve mekanik yükleme gibi yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemlerle yaşlanmanın bağlar üzerindeki etkileri değerlendirilerek materyallerin klinik performansları hakkında fikir

edinilebilmektedir (84). Oklüzal mekanik yükleme ve termal döngünün birlikte kullanılmasıyla ağız ortamındaki kuvvetlerin, kayma hareketlerinin, temas süresinin, nem ve sıcaklık gibi faktörlerin yüksek doğruluk oranıyla taklit edilebildiği bildirilmektedir (103, 104). Çalışmamızda Termal Siklus Özellikli Çiğneme Simülatörünün kullanımı planlanmaktayken yapılan denemelerde hazırlanan numunelerin simülatöre uygun olmadığı görüldü ve çalışmanın yönteminde değişiklik yapılarak suda yaşlandırma yöntemi kullanıldı. Yaşlandırma yöntemlerinden en sık tercih edilenler arasında olan suda yaşlandırma yapılırken örnekler 37°C'deki suda birkaç aydan yıllara uzanan değişen sürelerde bekletilmektedir (98). Suda bekletme sonucunda suyun arayüze infiltre olmasıyla polimer matriksin mekanik özelliklerinde bozulma gerçekleşmektedir. Polimerize olmamış ve artık monomerler de bağlanmayı zayıflatmaktadır (105). Çalışmamızda restoratif materyal uygulanan tüm numuneler içerisinde distile su bulunan kaplara koyulup 37°C'deki etüve yerleştirilerek 30 gün süresince yaşlandırma işlemine tabi tutuldu.

Farklı restoratif materyallerin diş yapısına olan bağlanma mukavemetini test etmek için gerçekleştirilen çeşitli testlerin olduğu bilinmektedir (53). Bağ mukavemeti, kopma gerçekleştiğinde kaydedilen yükün bağlanmış yüzeyin kesit alanına bölünmesiyle elde edilmektedir (106). Statik bağ mukavemeti testleri bağlanan yüzeyin alanına göre makro ve mikro testler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bağlanan alan 3 mm²'den büyükse makro bağ mukavemeti testi olarak adlandırılmakta ve kesme, çekme veya itme şeklinde gerçekleştirilebilmektedir. Makro kesme yöntemi en kolay ve hızlı yöntem olarak görülmektedir ve en yaygın kullanıma sahiptir. Bu testte kesme kuvvetini uygulamak için tel halkalar, uçlar ve bıçak kenarları kullanılabilir (107). Makaslama bağlanma dayanımının ölçüldüğü bazı çalışmalarda test cihazının bıçağının 1 mm/dk (108, 109) hızda, bazı çalışmalarda ise 0,5 mm/dk (83, 110–112) hızda kullanıldığı görülmüştür. Farklı test cihazı bıçağı hızlarının makaslama bağ dayanımı testine etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada 0,5 mm/dk, 0,75 mm/dk, 1 mm/dk ve 5 mm/dk hızlar test edilmiştir ve 0,5 mm/dk ve 0,75 mm/dk hızların tercih edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (113). Çalışmamızda restore ettiğimiz örneklerin makaslama bağlanma dayanımını ölçmek amacıyla numuneler Universal test cihazına (Instron Corp, Canton, Massachusetts, USA) yerleştirilmiş ve test cihazının bıçağı 0,5 mm/dk hızla ilerleyerek kopmanın gerçekleştiği ana kadar kuvvet uygulanmıştır. Elde ettiğimiz kuvvetler bağlanan yüzey alanına oranlanarak sonuç Megapaskal (MPa) cinsinden kaydedilmiştir.

Aboulsaoood ve ark. tarafından yapılan GDF uygulamasından sonra restorasyonun bir hafta geciktirilmesinin kompozit rezinin makaslama bağlanma dayanımı üzerine etkisini incelemeyi amaçlayan çalışmanın sonucunda kompozit rezin restorasyonundan hemen önce GDF uygulamasının kullanılmış olan bağlanma tekniğinden bağımsız olarak bağlanma dayanımını olumsuz etkilediği, GDF uygulaması sonrasında restorasyonun bir hafta geciktirilerek yapılmasının makaslama bağlanma dayanımı üzerindeki olumsuz etkileri engellediği görülmüştür (112). Tez çalışmamızın sonucunda da Aboulsaoood ve ark. (112) ile uyumlu şekilde GDF uygulaması sonrasında restorasyonun geciktirilerek yapılmasının makaslama bağlanma dayanımı değerlerini iyileştirdiği görülmüştür.

Aldosari ve Al-Sehaibany tarafından gerçekleştirilen çalışmada, GDF ile tedavi edilen demineralize dentine kompozit rezin, RMCİS ve CİS'in mikrogerilim bağ mukavemetleri ile anında ve gecikmiş yükleme sürelerinin etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Örnekler her grupta 30 numune olmak üzere rastgele üç gruba ayrılmıştır. İlk grup kompozit rezin, ikinci grup RMCİS, üçüncü grup CİS ile restore edilmiştir. Gruplar her grupta üç örnek olacak şekilde rastgele üç alt gruba ayrılmıştır. Alt grup A'da sağlam dentin restoratif materyal ile hemen, alt grup B'de demineralize dentin GDF uygulamasından hemen sonra, alt grup C'de demineralize dentin GDF uygulamasından bir hafta sonra restore edilmiştir. Örnekler yavaş hızlı kesme makinesi ile kesilerek 1 mm²'lik numuneler elde edilmiş ve Instron test makinesiyle mikrogerilim bağlanma dayanımları ölçülerek kırılmaları için gereken değerler MPa cinsinden kaydedilmiştir. Kırılma sonrası stereomikroskop ile yapılan yüzey incelemesinde adeziv kırık en çok görülen kırık tipi olarak kaydedilmiştir. Çalışmanın sonucunda kullanılan restoratif materyalden bağımsız olarak gecikmeli yükleme gruplarının mikrogerilim bağlanma dayanımlarının daha yüksek olduğu görülmüştür. Sağlam dentinin hemen restore edildiği grup en düşük mikrogerilim bağlanma dayanımını göstermiştir. Kompozit rezin ile restore edilen grup en yüksek, CİS ile restore edilen grup en düşük mikrogerilim bağlanma dayanımını göstermiştir (114). Tez çalışmamızda Aldosari ve Al-Sehaibany'nın çalışmasında olduğu gibi numuneler GDF uygulamasından hemen sonra veya gecikmeli olarak restore edilmiştir. Çalışmamızın sonucunda da restoratif materyale bağlı olmaksızın gecikmeli olarak restore edilen gruplarda daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri ölçülmüştür. Benzer şekilde Bulk-fill kompozit rezin ile restore edilen gruplarda en yüksek bağlanma dayanımı değerleri ölçülmüş fakat istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu bulgu, Aldosari ve Al-Sehaibany (114) ile

benzerlik göstermekte ve “restoratif materyallerin farkının bağlanma kuvvetine etkisinde fark yoktur” hipotezimizi desteklemektedir.

Ng ve ark. tarafından yapay çürük oluşturulup GDF uygulanmış dentine CİS’in makaslama bağlanma dayanımını ölçmeyi amaçlayan çalışmada CİS’in demineralize dentine olan bağlanma mukavemetinin, GDF’den hemen sonra yerleştirildiğinde %62 oranında azaldığı sonucuna varılmıştır. GDF uygulandıktan bir hafta sonra CİS ile restore edildiğinde bağ mukavemetinde istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir artış (%27) görülmüştür. Bu çalışma ile, GDF uygulaması sonrası CİS restorasyonunun bir hafta veya daha fazla ara vererek gerçekleştirilmesinin en iyisi olduğu sonucuna varmışlardır (115). Tez çalışmamızda da literatürdeki benzer çalışmaların sonuçlarıyla uyumlu şekilde (112, 114, 115) geciktirilerek restore edilen örneklerin bağlanma dayanımı değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. GDF uygulaması sonrası hemen restore edilen örneklerin bağ mukavemetinin daha düşük olmasının sebebinin tepkimeye girmemiş GDF tabakasının dentin yüzeyinde artık olarak kalarak restoratif materyale biyomekanik bağlanmayı azaltması olabileceği düşünülmektedir (115). Çalışmamızdaki RMCİS ve SDR gruplarında GDF uygulaması sonrası hemen restorasyonu yapılanlarla iki hafta sonra restorasyonu yapılanlar karşılaştırıldığında iki hafta sonra restorasyonu yapılan grupların bağlanma dayanımı değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0.009$; $p<0.05$, $p=0.011$; $p<0.05$). Bu sonuç doğrultusunda “Restoratif materyallerin uygulanma zamanlarının bağlanma kuvvetine etkisinde fark yoktur” şeklindeki hipotezimiz reddedilmiştir.

Aldowsari ve ark.’nın yaptığı bir çalışmada yapay olarak çürük oluşturulmuş dentin yüzeylerine %38’lik GDF uygulaması sonrasında birinci grup kompozit rezin, ikinci grup SDR Surefil, üçüncü grup RMCİS ile restore edilmiştir. Fizyolojik 6 aylık kullanımı yansıtmak amacıyla 5°C ile 55°C arasında 5000 termal döngüye tabi tutulan örnekler Instron test cihazına yerleştirilerek makaslama bağlanma dayanımı hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda kompozit rezin en yüksek bağ mukavemetini gösterirken, bunu SDR Surefil izlemiş ve RMCİS en düşük bağ mukavemetini göstermiştir. Kompozit rezin ile RMCİS gruplarının ve kompozit rezin ile SDR Surefil gruplarının makaslama bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar bulunmuştur. SDR Surefil’in bağlanma dayanımı değerinin RMCİS’den daha yüksek olduğu görülmüş ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Ayrıca bu çalışmadaki ortalama makaslama

bağlanma değerlerinin düşük olduğu görülmüş ve bunun sebebi olarak GDF ile ön işleme tutulmasının adeziv sistemlerin bağ mukavemetini azaltması olduğu düşünülmüştür. Kırık tipleri sınıflandırıldığında kompozit rezin grubunda en fazla adeziv kırık, SDR Surefil ve RMCİS gruplarında ise en fazla adeziv kırık olmakla birlikte karışık kırık da görülmüştür (62). Tez çalışmamızda kullanılan restoratif materyalin bağlanma dayanımı üzerindeki etkisine bakıldığında, SDR bulk-fill kompozit ile yapılan restorasyonların RMCİS ile yapılanlara kıyasla daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri gösterdiği, ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Bu bulgu, Aldowsari ve ark. ile benzerlik göstermekte ve "restoratif materyallerin farkının bağlanma kuvvetine etkisinde fark yoktur" hipotezimizi desteklemektedir.

Wu ve ark. (116) tarafından gerçekleştirilen GDF uygulanmış süt dişi dentinine kompozit rezinlerin mikro gerilim bağlanma dayanımını değerlendiren çalışmada en fazla görülen kırık tipi adeziv kırık, sonra karışık kırık, en az da koheziv kırık olmuştur. Aldosari ve Al-Sehaibany (114) tarafından gerçekleştirilen çalışmada adeziv kırık en çok görülen kırık tipi olarak kaydedilmiştir. Aldowsari ve ark. (62) yaptığı çalışmada bütün gruplarda en fazla görülen kırık tipi adeziv kırık olurken bunu karışık kırık izlemiş, hiçbir grupta koheziv kırık görülmemiştir. Çalışmamızda makaslama bağlanma dayanımı testi sonrasında numunelerin kırılma yüzeyleri stereomikroskop ile $\times 40$ büyütme altında incelendi. Başarısızlık modu değerlendirmesi için kırık tipleri adeziv, koheziv ve karışık kırık olarak sınıflandırıldığında Wu ve ark. (116), Aldosari ve Al-Sehaibany (114), Aldowsari ve ark. (62) ile benzer şekilde en fazla görülen kırık tipinin adeziv kırık olduğu bulgulanmıştır.

Taramalı elektron mikroskopunun (SEM), numuneleri odaklanmış bir elektron demetiyle tarayarak görüntülerini üreten yüzey görüntüleme tekniğidir ve nanometre ile mikrometre ölçeğinde organik ve inorganik çeşitli malzemelerin görüntülerini 300.000'e ulaşan yüksek büyütme kapasitesiyle görüntüleme yeteneğine sahip olduğu bilinmektedir (117, 119). SEM; kristal yapı, kompozisyon farklılıkları, yapıştırıcı arayüzünün bütünlüğü, tübül içi penetrasyon, topografik ve morfolojik özellikler hakkında bilgi sağlayarak araştırma laboratuvarlarında en yaygın kullanıma sahip cihazlardan biri olmaktadır (120, 121). Çalışmamızda SEM analizi ile yapılan incelemelerde makaslama bağlanma dayanımı testi sonrasında her gruptan iki örnek $\times 100$ ve $\times 1000$ büyütmede görüntüler alınarak incelenmiştir.

Literatür incelendiğinde süt dişlerinde GDF uygulaması sonrası restorasyonun yapılması için geçen sürenin bağlantı üzerindeki etkisini gösteren bildiğimiz kadarıyla çok fazla çalışma yoktur. Çalışmamızın sonuçları değerlendirildiğinde benzer çalışmalarla uyumlu olacak şekilde (112, 114, 115) restorasyonların GDF uygulamasından iki hafta sonra yapılmasının bağlanma dayanımını istatistiksel olarak anlamlı şekilde arttırdığı görülmüştür. Çalışmamızın bu sonucuyla “Farklı zaman aralıklarına bağlı bağlanma kuvvetinde fark yoktur” şeklindeki hipotezimiz reddedilmiştir.

Aldowsari ve ark.’nın (62) çalışmasıyla uyumlu şekilde SDR bulk-fill akışkan kompozitin RMCİS ile kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı olmayan şekilde daha yüksek bağlanma dayanımı değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Çalışmamız bu sonucuyla “Restoratif materyallerin farkının bağlanma kuvvetine etkisinde fark yoktur” hipotezimizi kısmen doğrulamaktadır.

Çalışmamızda elde edilen bulgular, özellikle kooperasyon problemi yaşayan çocuk hastalarda restorasyon zamanlaması ve materyal seçimi açısından klinik uygulamalara yön verebilecek niteliktedir. GDF uygulaması sonrası iki haftalık gecikme ile yapılan restorasyonların, daha başarılı bağlanma mukavemeti sağladığı görülmüştür.

Bununla birlikte, çalışmanın bazı limitasyonları bulunmaktadır. İn vitro ortam, ağız içi koşulların biyolojik ve mekanik dinamizmini tam olarak yansıtamamakta; kullanılan demineralizasyon yöntemi, doğal çürük oluşumunu tam anlamıyla taklit edememektedir. Ayrıca çalışmada yalnızca belirli bir GDF konsantrasyonu ve sınırlı sayıda restoratif materyal kullanılmıştır. Bu nedenle elde edilen bulguların genellenebilirliği sınırlıdır.

Gelecekte yapılacak in vivo klinik çalışmalar ile bu verilerin doğrulanması ve farklı materyallerle karşılaştırmalı olarak daha geniş örneklemelerle değerlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle GDF uygulaması sonrası restorasyonun estetik sonuçları, renk stabilitesi ve uzun dönem klinik başarısı gibi parametrelerin de değerlendirilmesi önerilmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma GDF uygulaması sonrası restorasyon zamanlamasının bağlanma mukavemeti üzerindeki etkisine ışık tutmakta ve klinik uygulamalarda hekimlerin materyal seçimi ve zamanlama konusunda kararlarını destekleyecek bilimsel veriler sunmaktadır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

GDF uygulandıktan sonra farklı zaman aralıklarında RMCİS ve SDR ile restore edilen çekilmiş süt dişlerindeki demineralize dentin ile restoratif materyal arasında oluşan bağlanma kuvvetini karşılaştırmalı olarak değerlendirmeyi amaçlayan in-vitro çalışmamızın sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

1. Hem RMCİS hem de SDR gruplarında GDF uygulandıktan iki hafta sonra restorasyon yapıldığında elde edilen bağlanma dayanımı değerleri hemen restorasyonu yapılanlara göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur.
2. Hemen restorasyonu yapılan grupta da iki hafta sonra restorasyonu yapılan grupta da SDR'nin bağlanma dayanımı değerleri RMCİS'ten yüksek bulunmuştur ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.
3. Stereomikroskop ile grupların kırık tipi incelemesinde kırılma tipleri ağırlıklı olarak adeziv kırık olarak görülürken bunu karışık kırık izlemiş, grupların hiçbirinde koheziv kırık görülmemiştir.

Tez çalışmamız, GDF uygulaması sonrası bağlanma dayanımının artması için en uygun restoratif materyal ve zamanlama seçimi açısından klinik pratikte hekimlere faydalı olabilecek bilimsel veriler sunmaktadır. Çalışmamızın pratikte uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi için iv-vivo araştırmalara gerek görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Muntean A, Mzoughi SM, Pacurar M, Candrea S, Inchingolo AD, Inchingolo AM, Ferrante L, Dipalma G, Inchingolo F, Palermo A, *et al.* (2024). Silver Diamine Fluoride in Pediatric Dentistry: Effectiveness in Preventing and Arresting Dental Caries A Systematic Review. *Children* 11: 499.
2. Bönecker M, Abanto J, Tello G, Oliveira LB (2012). Impact of dental caries on preschool children's quality of life: an update. *Brazilian Oral Research* 26: 103–107.
3. Nuvvula S, Mallineni SK (2019). Silver Diamine Fluoride in Pediatric Dentistry. *Journal of South Asian Association of Pediatric Dentistry* 2: 73–80.
4. Crystal YO, Niederman R (2019). Evidence-Based Dentistry Update on Silver Diamine Fluoride. *Dental clinics of North America* 63: 45.
5. Gao SS, Zhao IS, Hiraishi N, Duangthip D, Mei ML, Lo ECM, Chu CH (2016). Clinical trials of silver diamine fluoride in arresting caries among children: A systematic review. *JDR Clinical and Translational Research* 1: 201–210.
6. Zheng FM, Yan IG, Duangthip D, Gao SS, Lo ECM, Chu CH 2022. Silver diamine fluoride therapy for dental care. *Japanese Dental Science Review* 58: 249-257.
7. Burgess JO, Vaghela PM (2018). Silver Diamine Fluoride: A Successful Anticarious Solution with Limits. *Advances in Dental Research* 29: 131–134.
8. Seifo N, Robertson M, MacLean J, Blain K, Grosse S, Milne R, Seeballuck C, Innes N (2020). The use of silver diamine fluoride (SDF) in dental practice. *British Dental Journal* 228:2 228: 75–81.
9. Horst J, Duffin S, Young DA, Quock RL, Kaur R, Maclean JK, Frachella JC, Dun S, Semprum-Clavier A, Ferreira Zandona AG (2021). Clinical Instructions for Using Silver Diamine Fluoride (SDF) in Dental Caries Management. *Compendium of continuing education in dentistry* 42: e5–e9.
10. Li X, Wang J, Joiner A, Chang J (2014). The remineralisation of enamel: a review of the literature. *Journal of Dentistry* 42: S12–S20.
11. Neel EAA, Aljabo A, Strange A, Ibrahim S, Coathup M, Young AM, Bozec L, Mudera V (2016). Demineralization–remineralization dynamics in teeth and bone. *International Journal of Nanomedicine* 11: 4743.

12. Lacruz RS, Habelitz S, Wright JT, Paine ML (2017). Dental Enamel Formation And Implications For Oral Health And Disease. *Physiol Rev* 97: 939–993.
13. Chun KJ, Choi HH, Lee JY (2014). Comparison of mechanical property and role between enamel and dentin in the human teeth. *Journal of Dental Biomechanics* 5: 1–7.
14. Almushayt A, Narayanan K, Zaki AE, George A (2005). Dentin matrix protein 1 induces cytodifferentiation of dental pulp stem cells into odontoblasts. *Gene Therapy* 2006 13:7 13: 611–620.
15. Grawish ME, Grawish LM, Grawish HM, Grawish MM, Holiel AA, Sultan N, El-Negoly SA (2022). Demineralized Dentin Matrix for Dental and Alveolar Bone Tissues Regeneration: An Innovative Scope Review. *Tissue Engineering and Regenerative Medicine* 19: 687–701.
16. Carvalho RM, Tjäderhane L, Manso AP, Carrilho MR, Carvalho CAR (2009). Dentin as a bonding substrate. *Endodontic Topics* 21: 62–88.
17. Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB (2007). Dental caries. *Lancet* 369: 51–59.
18. Madan N, Madan N, Sharma V, Pardal D, Madan N (2011). Tooth remineralization using bio-active glass-A novel approach. *Journal of Academy of Advanced Dental Research*, 2: 45-49.
19. Malcangi G, Patano A, Morolla R, De Santis M, Piras F, Settanni V, Mancini A, Di Venere D, Inchingolo F, Inchingolo AD, *et al.* (2023). Analysis of Dental Enamel Remineralization: A Systematic Review of Technique Comparisons. *Bioengineering* 10: 472 doi: 10.3390/bioengineering10040472.
20. Abdellatif EB, El Kashlan MK, El Tantawi M (2023). Silver diamine fluoride with sodium fluoride varnish versus silver diamine fluoride in arresting early childhood caries: a 6-months follow up of a randomized field trial. *BMC Oral Health* 23: 875 doi: 10.1186/s12903-023-03597-5.
21. Mabangkhru S, Duangthip D, Chu CH, Phonghanyudh A, Jirarattanasopha V (2020). A randomized clinical trial to arrest dentin caries in young children using silver diamine fluoride. *Journal of Dentistry* 99: 103375 doi: 10.1016/j.jdent.2020.103375.
22. Hu S, Muniraj G, Mishra A, Hong K, Lum JL, Hong CHL, Rosa V, Sriram G (2022).

- Characterization of silver diamine fluoride cytotoxicity using microfluidic tooth-on-a-chip and gingival equivalents. *Dental Materials* 38: 1385–1394.
23. Brunet-Llobet L, Auría-Martín B, González-Chópita Y, Cahuana-Bartra P, Mashala EI, Miranda-Rius J (2022). The use of silver diamine fluoride in a children's hospital: Critical analysis and action protocol. *Clinical and Experimental Dental Research* 8: 1175–1184.
 24. Hu S, Meyer B, Duggal M (2018). A silver renaissance in dentistry. *European Archives of Paediatric Dentistry* 19: 221–227.
 25. Singhanian S, Bhojraj N, Shanbhog R (2021). Is silver diamine fluoride really a magic alternative in pediatric caries management? *World Journal of Dentistry* 12: 350-354.
 26. Fung MHT, Duangthip D, Wong MCM, Lo ECM, Chu CH (2017). Randomized Clinical Trial of 12% and 38% Silver Diamine Fluoride Treatment. *Journal of Dental Research* 97: 171.
 27. Horst JA, Ellenikiotis H, Silver U, Committee CA, Milgrom PM (2016). UCSF Protocol for Caries Arrest Using Silver Diamine Fluoride: Rationale, Indications, and Consent. *Journal of the California Dental Association* 44: 16.
 28. Surendranath P, Krishnappa S, Srinath S (2022). Silver Diamine Fluoride in Preventing Caries: A Review of Current Trends. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 15: S247.
 29. Mashhour A, Allam G, Wassel M (2023). Comparative evaluation of prevention of demineralization of artificial enamel caries treated with two fluoride varnishes and 38% SDF in primary teeth: an in vitro study. *BMC Oral Health* 23:110 doi: 10.1186/s12903-023-02799-1.
 30. Haiat A, Ngo HC, Samaranayake LP, Fakhruddin KS (2021). The effect of the combined use of silver diamine fluoride and potassium iodide in disrupting the plaque biofilm microbiome and alleviating tooth discoloration: A systematic review. *PLoS One* 16: e0252734.
 31. Mei ML, Lo ECM, Chu CH (2018). Arresting Dentine Caries with Silver Diamine Fluoride: What's Behind It? *Journal of Dental Research* 97: 751–758.
 32. Zhao IS, Mei ML, Burrow MF, Lo ECM, Chu CH (2017). Effect of Silver Diamine

- Fluoride and Potassium Iodide Treatment on Secondary Caries Prevention and Tooth Discolouration in Cervical Glass Ionomer Cement Restoration. *International Journal of Molecular Sciences* 2017, Vol 18, Page 340 18: 340.
33. Crystal YO, Janal MN, Hamilton DS, Niederman R (2017). Parental perceptions and acceptance of silver diamine fluoride staining. *The Journal of the American Dental Association* 148: 510-518.
 34. Contractor IA, M.S. G, M.D. I (2021). Silver Diamine Fluoride: Extending the spectrum of Preventive Dentistry, a literature review. *Pediatric Dental Journal* 31: 17–24.
 35. Markham MD, Tsujimoto A, Barkmeier WW, Jurado CA, Fischer NG, Watanabe H, Baruth AG, Latta MA, Garcia-Godoy F (2020). Influence of 38% silver diamine fluoride application on bond stability to enamel and dentin using universal adhesives in self-etch mode. *European Journal of Oral Sciences* 128: 354–360.
 36. Ngo H, Opsahl-Vital S (2014). Minimal intervention dentistry II: Part 7. Minimal intervention in cariology: The role of glass-ionomer cements in the preservation of tooth structures against caries. *British Dental Journal* 216: 561–565.
 37. Iaculli F, Salucci A, Di Giorgio G, Luzzi V, Ierardo G, Polimeni A, Bossù M (2021). Bond Strength of Self-Adhesive Flowable Composites and Glass Ionomer Cements to Primary Teeth: A Systematic Review and Meta-Analysis of In Vitro Studies. *Materials* 14: 6694.
 38. Sidhu SK, Nicholson JW (2016). Functional Biomaterials A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. *Journal of Functional Biomaterials* 7: 16 doi:10.3390/jfb7030016.
 39. Lopes CMC de F, Galvan J, Chibinski ACR, Wambier DS (2018). Fluoride release and surface roughness of a new glass ionomer cement: glass carbomer. *Revista de Odontologia da UNESP* 47: 1–6.
 40. Xu X, Burgess JO (2003). Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials* 24: 2451–2461.
 41. Dermata A, Papageorgiou SN, Fragkou S, Kotsanos N (2018). Comparison of resin modified glass ionomer cement and composite resin in class II primary molar

- restorations: a 2-year parallel randomised clinical trial. *European Archives of Paediatric Dentistry* 19: 393–401.
42. Yelamanchili A, Darvell BW (2008). Network competition in a resin-modified glass-ionomer cement. *Dental Materials* 24: 1065–1069.
 43. Bajafar S, Almuhaideb D, Review M, Al Shaibani D, Bamusa B, Al Eidan S, Alhakeem F, Bakhadher W (2019). Mini Review Modification of Glass Ionomer Restorative Material: A Review of Literature. *EC Dental Science Modification of Glass Ionomer Restorative Material: A Review of Literature* 18: 1001-1006.
 44. Kanchanasavita W, Anstice HM, Pearson GJ (n.d.). Long-term surface micro-hardness of resin-modified glass ionomers. *Journal of Dentistry* 26: 707-712.
 45. Haugen HJ, Marovic D, Par M, Thieu MK Le, Reseland JE, Johnsen GF (2020). Bulk Fill Composites Have Similar Performance to Conventional Dental Composites. *International Journal of Molecular Sciences* 21: 5136.
 46. Veloso SRM, Lemos CAA, de Moraes SLD, do Egito Vasconcelos BC, Pellizzer EP, de Melo Monteiro GQ (2019). Clinical performance of bulk-fill and conventional resin composite restorations in posterior teeth: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations* 23: 221–233.
 47. Arbildo-Vega HI, Lapinska B, Panda S, Lamas-Lara C, Khan AS, Lukomska-Szymanska M (2020). Clinical Effectiveness of Bulk-Fill and Conventional Resin Composite Restorations: Systematic Review and Meta-Analysis. *Polymers* 12: 1786.
 48. Atlas A (2023). *The game changer for posterior composite restorations SDR ® Plus Bulk Fill Flowable*.
 49. Marquezan M, Corrêa FNP, Sanabe ME, Rodrigues Filho LE, Hebling J, Guedes-Pinto AC, Mendes FM (2009). Artificial methods of dentine caries induction: A hardness and morphological comparative study. *Archives of Oral Biology* 54: 1111–1117.
 50. Yu OY, Zhao IS, Mei ML, Lo ECM, Chu CH (2017). A Review of the Common Models Used in Mechanistic Studies on Demineralization-Remineralization for Cariology Research. *Dentistry Journal* 5: 20.
 51. Sebastián Zuluaga-Morales J, Victoria Bolaños-Carmona M, Álvarez-lloret P (2022).

- pH-cycling, Dynamic Chemical Model In Dentine Caries Creation. A Systematic Review And Meta-Analysis. *International Journal of Medical Dentistry* 26: 585-608.
52. Buzalaf MAR, Hannas AR, Magalhães AC, Rios D, Honório HM, Delbem ACB (2010). pH-cycling models for in vitro evaluation of the efficacy of fluoridated dentifrices for caries control: strengths and limitations. *Journal of Applied Oral Science* 18: 316.
53. El Mourad AM (2018). Assessment of Bonding Effectiveness of Adhesive Materials to Tooth Structure using Bond Strength Test Methods: A Review of Literature. *The Open Dentistry Journal* 12: 664.
54. Elmas MS, Göncü Başaran E, İzgi AD (2021). Diş Hekimliğinde Kullanılan Bağlanma Dayanımı Test Metotları. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 31:283-288.
55. Braga RR, Meira JBC, Boaro LCC, Xavier TA (2010). Adhesion to tooth structure: A critical review of “macro” test methods. *Dental Materials* 26: e38-49.
56. Collares FM, Portella FF, Rodrigues SB, Celeste RK, Leitune VCB, Samuel SMW (2016). The influence of methodological variables on the push-out resistance to dislodgement of root filling materials: a meta-regression analysis. *International Endodontic Journal* 49: 836–849.
57. El Zohairy AA, Saber MH, Abdalla AI, Feilzer AJ (2010). Efficacy of microtensile versus microshear bond testing for evaluation of bond strength of dental adhesive systems to enamel. *Dental Materials* 26: 848–854.
58. Foong J, Lee K, Nguyen C, Tang G, Austin D, Ch’ng C, Burrow MF, Thomas DL (2006). Comparison of microshear bond strengths of four self-etching bonding systems to enamel using two test methods. *Australian Dental Journal* 51: 252–257.
59. Armstrong S, Geraldeli S, Maia R, Raposo LHA, Soares CJ, Yamagawa J (2010). Adhesion to tooth structure: A critical review of “micro” bond strength test methods. *Dental Materials* 26: e50–e62.
60. Sirisha K, Rambabu T, Ravishankar Y, Ravikumar P (2014). Validity of bond strength tests: A critical review-Part II. *Journal of Conservative Dentistry* 17: 420–426.
61. de Andrade AM, Moura SK, Reis A, Loguercio AD, Garcia EJ, Grande RHM (2010).

- Evaluating resin-enamel bonds by microshear and microtensile bond strength tests: effects of composite resin. *Journal of Applied Oral Science* 18: 591–598.
62. Aldowsari MK, Alfawzan F, Alhaidari A, Alhogail N, Alshargi R, Bin Saleh S, Sulimany AM, Alturki M (2023). Comparison of Shear Bond Strength of Three Types of Adhesive Materials Used in the Restoration of Permanent Molars after Treatment with Silver Diamine Fluoride: An In Vitro Study. *Materials* 16: 6831.
 63. Pulido M, Wefel J, Hernandez Denehy MG, Guzman-Armstrong S, Chalmers J, Qian F, Wefel JS, Marcela Hernandez M, professor assistant, Denehy GE, *et al.* (2008). The Inhibitory Effect of MI Paste, Fluoride and a Combination of Both on the Progression of Artificial Caries-like Lesions in Enamel. *Operative Dentistry* 33: 550–555.
 64. Yilmaz N, Baltaci E, Baygin O, Tuzuner T, Ozkaya S, Canakci A (2020). Effect of the usage of Er,Cr:YSGG laser with and without different remineralization agents on the enamel erosion of primary teeth. *Lasers in Medical Science* 35: 1607-1620.
 65. Diamantopoulou S, Papazoglou E, Margaritis V, Lynch CD, Kakaboura A (2013). Change of optical properties of contemporary resin composites after one week and one month water ageing. *Journal of Dentistry* 41: e62–e69.
 66. Munteanu A, Holban AM, Păuna MR, Imre M, Farcașiu AT, Farcașiu C (2022). Review of Professionally Applied Fluorides for Preventing Dental Caries in Children and Adolescents. *Applied Sciences* 12: 1054.
 67. Mei ML, Lo ECM, Chu C-H (2016). Clinical Use of Silver Diamine Fluoride in Dental Treatment. *The Compendium of Continuing Education in Dentistry* 37: 93-98.
 68. Gao SS, Zhao IS, Hiraishi N, Duangthip D, Mei ML, Lo ECM, Chu CH (2016). Clinical trials of silver diamine fluoride in arresting caries among children: A systematic review. *JDR Clinical and Translational Research* 1: 201–210.
 69. Wang AS, Botelho MG, Tsoi JKH, Matinlinna JP (2016). Effects of silver diammine fluoride on microtensile bond strength of GIC to dentine. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 70: 196–203.
 70. Soeno K, Taira Y, Matsumura H, Atsuta M (2001). Effect of desensitizers on bond strength of adhesive luting agents to dentin. *Journal of oral rehabilitation* 28: 1122–

1128.

71. François P, Greenwall-Cohen J, Goff S Le, Ruscassier N, Attal JP, Dursun E (2020). Shear bond strength and interfacial analysis of high-viscosity glass ionomer cement bonded to dentin with protocols including silver diammine fluoride. *Journal of oral science* 62: 444–448.
72. Quock RL, Barros JA, Yang SW, Patel SA (2012). Effect of Silver Diamine Fluoride on Microtensile Bond Strength to Dentin. *Operative Dentistry* 37: 610–616.
73. Puwanawiroj A, Trairatvorakul C, Dasanayake AP, Auychai P (2018). Microtensile Bond Strength Between Glass Ionomer Cement and Silver Diamine Fluoride-Treated Carious Primary Dentin. *Pediatric Dentistry* 40: 291-295.
74. Khor MMY, Rosa V, Sim CJ, Hong CHL, Hu S (2022). SMART: Silver diamine fluoride reduces microtensile bond strength of glass ionomer cement to sound and artificial caries-affected dentin. *Dental materials journal* 41: 698–704.
75. Greenwall-Cohen J, Greenwall L, Barry S (2020). Silver diamine fluoride - an overview of the literature and current clinical techniques. *British Dental Journal* 2020 228:11 228: 831–838.
76. Fung MHT, Duangthip D, Wong MCM, Lo ECM, Chu CH (2016). Arresting dentine caries with different concentration and periodicity of silver diamine fluoride. *JDR Clinical and Translational Research* 1: 143–152.
77. Mei ML, Li QL, Chu CH, Yiu CKY, Lo ECM (2012). The inhibitory effects of silver diamine fluoride at different concentrations on matrix metalloproteinases. *Dental Materials* 28: 903–908.
78. Chu CH, Lo ECM, Lin HC (2002). Effectiveness of Silver Diamine Fluoride and Sodium Fluoride Varnish in Arresting Dentin Caries in Chinese Pre-school Children. *Journal of Dental Research* 81: 767–770.
79. Slayton RL, Urquhart O, Araujo MWB, Fontana M, Guzmán-Armstrong S, Nascimento MM, Nový BB, Tinanoff N, Weyant RJ, Wolff MS, *et al.* (2018). Evidence-based clinical practice guideline on nonrestorative treatments for carious lesions: A report from the American Dental Association. *Journal of the American Dental Association* 149: 837-849.e19.

80. Jiang M, Mei ML, Wong MCM, Chu CH, Lo ECM (2020). Effect of silver diamine fluoride solution application on the bond strength of dentine to adhesives and to glass ionomer cements: A systematic review. *BMC Oral Health* 20: 1–10.
81. BinSaleh S, Sulimany AM, Aldowsari MK, Al-Homaidhi M, Alkuait N, Almashham L, Alghamdi N (2023). Evaluation of the shear bond strength of a tricalcium silicate-based material to four self-adhering glass ionomer materials: an in vitro study. *Frontiers in Pediatrics* 11: 1303005.
82. De Souza-Gabriel AE, Do Amaral FLB, Pécora JD, Palma-Dibb RG, Corona SAM (2006). Shear Bond Strength of Resin-modified Glass Ionomer Cements to Er:YAG Laser-treated Tooth Structure. *Operative Dentistry* 31: 212–218.
83. Salimian N, Ebrahimian M, Jafari N, Shirani F (2023). The effect of silver diamine fluoride on the bond strength of glass ionomer to the enamel of primary teeth. *Dental Research Journal* 20: 65.
84. Amaral FLB, Colucci V, Palma-Dibb RG, Corona SAM (2007). Assessment of In Vitro Methods Used to Promote Adhesive Interface Degradation: A Critical Review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 19: 340–353.
85. Rinsathon J, Wiriyasuebpong S, Thariya K, Jiradechochai P, Phetsuk P, Bouanil S, Saikaew P, Pawaputanon Na Mahasarakham C (2023). Bonding performance of glass ionomer cement to carious dentin treated with different surface treatment protocols using silver diamine fluoride. *Scientific Reports* 13: 14233.
86. Ilie N, Schöner C, Bücher K, Hickel R (2014). An in-vitro assessment of the shear bond strength of bulk-fill resin composites to permanent and deciduous teeth. *Journal of Dentistry* 42: 850–855.
87. Van Ende A, De Munck J, Van Landuyt KL, Poitevin A, Peumans M, Van Meerbeek B (2013). Bulk-filling of high C-factor posterior cavities: Effect on adhesion to cavity-bottom dentin. *Dental Materials* 29: 269–277.
88. Fernandes V, Oliani MG, Nogueira L, Silva J, Araújo RM (2016). Analysis and Comparison of Different Bond Strength Tests. *JSM Dent* 4: 1076.
89. Sheth VH, Shah NP, Jain R, Bhanushali N, Bhatnagar V (2024). Development and validation of a risk-of-bias tool for assessing in vitro studies conducted in dentistry:

The QUIN. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 131: 1038–1042.

90. Mobarak EH, El-Badrawy W, Pashley DH, Jamjoom H (2010). Effect of pretest storage conditions of extracted teeth on their dentin bond strengths. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 104: 92–97.
91. Lippert F, Lynch RJM (2014). Comparison of Knoop and Vickers surface microhardness and transverse microradiography for the study of early caries lesion formation in human and bovine enamel. *Archives of Oral Biology* 59: 704–710.
92. Secilmis A, Dilber E, Gokmen F, Ozturk N, Telatar T (2011). Effects of storage solutions on mineral contents of dentin. *Journal of Dental Sciences* 6: 189–194.
93. Titley KC, Chernecky R, Rossouw PE, Kulkarni G V. (1998). The effect of various storage methods and media on shear-bond strengths of dental composite resin to bovine dentine. *Archives of Oral Biology* 43: 305–311.
94. Goodis HE, Marshall GW, White JM (1991). The effects of storage after extraction of the teeth on human dentine permeability in vitro. *Archives of Oral Biology* 36: 561–566.
95. Gittner R, Müller-Hartwich R, Jost-Brinkmann PG (2010). Influence of Various Storage Media on Shear Bond Strength and Enamel Fracture When Debonding Ceramic Brackets: An In Vitro Study. *Seminars in Orthodontics* 16: 49–54.
96. Aydin B, Pamir T, Baltaci A, Orman MN, Turk T (2015). Effect of storage solutions on microhardness of crown enamel and dentin. *European Journal of Dentistry* 9: 262.
97. Isolan CP, Valente LL, Münchow EA, Basso GR, Pimentel AH, Schwantz JK, da Silva A V., Moraes RR (2014). Bond strength of a universal bonding agent and other contemporary dental adhesives applied on enamel, dentin, composite, and porcelain. *Applied Adhesion Science* 2: 1–10.
98. Ayaz F, Tagtekin D, Yanikoglu F (2011). Dentine Bağlanma ve Değerlendirme Metodları. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 4:49-56.
99. Zuluaga-Morales JS, Bolaños-Carmona MV, Cifuentes-Jiménez CC, Álvarez-Lloret P (2022). Chemical, microstructural and morphological characterisation of dentine caries simulation by pH-cycling. *Minerals* 12: 5. doi: 10.3390/min12010005.
100. Xie D, Brantley WA, Culbertson BM, Wang G (2000). Mechanical properties and

- microstructures of glass-ionomer cements. *Dental Materials* 16: 129–138.
101. Al-Angari SS, Hara AT, Chu TM, Platt J, Eckert G, Cook NB (2014). Physicomechanical properties of a zinc-reinforced glass ionomer restorative material. *Journal of Oral Science* 56: 11–16.
 102. Pytko-Polonczyk J, Jakubik A, Przeklasa-Bierowiec A, Muszynska B (2017). Artificial Saliva and Its Use In Biological Experiments. *Journal Of Physiology And Pharmacology* 68: 807-813.
 103. Heintze SD (2006). How to qualify and validate wear simulation devices and methods. *Dental Materials* 22: 712–734.
 104. Bulut AC, Saglam Atsu S (2016). Diş Hekimliğinde Restoratif Materyallerin Yaşlandırma İşlemleri ve Çiğneme Simülatörleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 1:180-186.
 105. Tekce N, Demirci M, Tuncer S (2013). Dentin Bağlayıcı Sistemlerin Bağlanma Dayanıklılığını Değerlendirme Yöntemleri *İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 47: 73-91.
 106. Placido E, Meira JBC, Lima RG, Muench A, Souza RM de, Ballester RY (2007). Shear versus micro-shear bond strength test: A finite element stress analysis. *Dental Materials* 23: 1086–1092.
 107. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, De Munck J (2010). Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental Materials* 26: e100–e121.
 108. Jin XZ, Tsoi JKH, Matinlinna JP (2019). A Novel Silane System for Amalgam Repair with Resin Composite: an in vitro Study. *Silicon* 11: 2321–2331.
 109. Yazici AR, Çelik Ç, Özgünaltay G, Dayangaç B (2007). Bond Strength of Different Adhesive Systems to Dental Hard Tissues. *Operative Dentistry* 32: 166–172.
 110. Özcan M, Matinlinna JP, Vallittu PK, Huysmans MC (2004). Effect of drying time of 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane on the shear bond strength of a composite resin to silica-coated base/noble alloys. *Dental Materials* 20: 586–590.
 111. Toledano M, Osorio R, Ceballos L, Fuentes MV, Fernandes CAO, Tay FR, Carvalho RM (2003). Microtensile bond strength of several adhesive systems to different dentin

- depths. *American Journal of Dentistry* 16: 292–298.
112. Aboulsaad EH, Bakry NS, Zeitoun SI, Aboulgheit SA (2022, September 1). The effect of delaying composite resin restoration after silver diamine fluoride pretreatment on the Shear Bond Strength of the final restoration : An in-vitro study. doi:10.21203/rs.3.rs-2006955/v1.
 113. Hara AT, Pimenta LAF, Rodrigues AL (2001). Influence of cross-head speed on resin-dentin shear bond strength. *Dental Materials* 17: 165–169.
 114. Aldosari MM, Al-Sehaibany FS (2022). Evaluation of the Effect of the Loading Time on the Microtensile Bond Strength of Various Restorative Materials Bonded to Silver Diamine Fluoride-Treated Demineralized Dentin. *Materials* 15: 4424.
 115. Ng E, Saini S, Schulze KA, Horst J, Le T, Habelitz S (2020). Shear Bond Strength of Glass Ionomer Cement to Silver Diamine Fluoride-Treated Artificial Dentinal Caries. *Pediatric Dentistry* 42: 221-225.
 116. Wu DI, Velamakanni S, Denisson J, Yaman P, Boynton JR, Papagerakis P (2016). Effect of Silver Diamine Fluoride (SDF) Application on Microtensile Bonding Strength of Dentin in Primary Teeth. *Pediatric Dentistry* 38: 148-153.
 117. Mohammed A, Abdullah A (2019). Scanning Electron Microscopy (SEM): A Review. *Proceedings Of International Conference On Hydraulics, Pneumatics, Sealing Elements, Tools, Precision Mechanics, Specific Electronic Equipment & Mechatronics*, Romania, 2019 November 7-9, 77-85.
 118. Velagala D, Reddy A, Reddy VN, Ramavath NB (2023). Evaluation of Microtensile Bond Strength between SMART Technique and Conventional Glass Ionomer Cement-treated Carious Primary Dentin. *International journal of clinical pediatric dentistry* 16: 582–586.
 119. Barhoum A, Luisa García-Betancourt M (2018). Physicochemical characterization of nanomaterials: size, morphology, optical, magnetic, and electrical properties. *Emerging Applications of Nanoparticles and Architectural Nanostructures: Current Prospects and Future Trends* 279–304. doi:10.1016/B978-0-323-51254-1.00010-5.
 120. Leonard DN, Chandler GW, Seraphin S (2012). Scanning Electron Microscopy. *Characterization of Materials* 2: 1050-1063.

121. Tedesco M, Chain MC, Bortoluzzi EA, Garcia L da FR, Alves AMH, Teixeira CS (2018). Comparison of two observational methods, scanning electron and confocal laser scanning microscopies, in the adhesive interface analysis of endodontic sealers to root dentine. *Clinical Oral Investigations* 22: 2353–2361.



