



T.C.

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çocuk Diş Hekimliği Ana Bilim Dalı / Doktora Programı

**GÜMÜŞ DİAMİN FLORÜR İLE MODİFİYE
ATRAVMATİK RESTORATİF TEDAVİ
UYGULAMASININ ETKİNLİĞİNİN İN VİTRO
KOŞULLARDA DEĞERLENDİRİLMESİ**

Merve MANDAL

Doktora Tezi

Danışman

Prof. Dr. Figen SEYMEN

Eş Danışman

Doç. Dr. Musa Kazım ÜÇÜNCÜ

İstanbul, 2025

**GÜMÜŞ DİAMİN FLORÜR İLE MODİFİYE ATRAVMATİK
RESTORATİF TEDAVİ UYGULAMASININ ETKİNLİĞİNİN İN
VİTRO KOŞULLARDA DEĞERLENDİRİLMESİ**

Merve MANDAL

Çocuk Diş Hekimliği Ana Bilim Dalı

Doktora Tezi

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ
2025

“Merve MANDAL” tarafından hazırlanmış ve 03.07.2025 tarihinde sunulmuş “GÜMÜŞ DİAMİN FLORÜR İLE MODİFİYE ATRAVMATİK RESTORATİF TEDAVİ UYGULAMASININ ETKİNLİĞİNİN İN VİTRO KOŞULLARDA DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tez Çocuk Diş Hekimliği Ana Bilim Dalında Doktora Tezi olarak **oy birliği** ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Musa Kazım ÜÇÜNCÜ
Eş Danışman

Prof. Dr. Figen SEYMEN
Danışman

Tez Savunma Sınavı Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. Hayriye SÖNMEZ

Klinik Bilimler Bölümü,
Altınbaş Üniversitesi

Doç. Dr. Mine KORUYUCU

Klinik Bilimler Bölümü,
İstanbul Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Hazal ÖZCAN

Klinik Bilimler Bölümü,
Altınbaş Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Sabiha Ceren İLİSULU

Klinik Bilimler Bölümü,
İstanbul Üniversitesi-
Cerrahpaşa

Dr. Öğr. Üyesi Şule BATU

Temel Bilimler Bölümü,
İstanbul Üniversitesi

Bu tezin Doktora tezi olarak bütün şartları sağladığımı beyan ederim.

Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik davranışlara uygun olarak edinildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bu kuralların ve davranışların gerektirdiği şekilde, bu çalışmada, orijinal olmayan tüm materyalleri ve sonuçları tamamen alıntı yaptığımı ve referans gösterdiğimi de beyan ederim.

Merve MANDAL

İmzası



İTHAF

Bu tez çalışmasını aileme ithaf ediyorum.

Doktora eğitimim ve tez sürecim boyunca bilgi ve akademik deneyimi ile yoluma ışık tutan, gece gündüz her koşulda yardımını esirgemeyen, anlayış ve inancı ile bu süreci tamamlamama büyük katkı sağlayan, öğrencisi olmaktan her zaman onur duyacağım çok kıymetli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Figen Seymen'e,

Doktora eğitimim boyunca eğitimime katkılarından dolayı Pedodonti Anabilim Dalı'ndaki değerli hocam Prof. Dr. Hayriye Sönmez'e,

Doktora eğitimim süresince kendilerinden çok şey öğrendiğim, bilgi ve deneyimlerinin yanı sıra tez sürecim boyunca motivasyon desteği ile bana güç veren ve katkı sağlayan değerli hocalarım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sabiha Ceren İlisulu ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hazal Özcan'a,

Çalışmamın gerçekleşmesinde her türlü desteği sağlayarak, bilgi ve deneyimiyle biyokimya deneylerime önemli katkılarda bulunan İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Temel Bilimler Anabilim Dalı Biyokimya Bilim Dalı'ndan değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Şule Batu'ya

Davetimizi kırmayıp gelerek bizleri onurlandıran değerli jüri üyemiz Sayın Doç. Dr. Mine Koruyucu'ya,

Doktora sürecinde birçok değerli anı biriktirdiğim, her zorluğu birlikte aştığımız; sevgilerini her zaman hissettiğim kıymetli dönem arkadaşlarım Sıla Bolay, Özlem Karabıyık ve Feyza Işık başta olmak üzere tüm asistan arkadaşlarıma,

Daima yanımda olan, destekleriyle bana güç veren canım abilerim Kenan Mandal, Kerem Mandal ve ikiz kardeşim Sefa Mandal'a,

Hayatımın boyunca aldığım tüm kararlarımda arkamda durarak bana güvenen, beni koşulsuz destekleyen, bugünlere gelmemde maddi ve manevi her türlü desteği büyük bir özveri ile kendilerinden önce bana sunan annem Esin Mandal ve babam Mehmet Emin Mandal'a

ÖZET

GÜMÜŞ DİAMİN FLORÜR İLE MODİFİYE ATRAVMATİK RESTORATİF TEDAVİ UYGULAMASININ ETKİNLİĞİNİN İN VİTRO KOŞULLARDA DEĞERLENDİRİLMESİ

MANDAL, Merve

Doktora, Çocuk Diş Hekimliği Ana Bilim Dalı, Altınbaş Üniversitesi

Danışman: Prof. Dr. Figen SEYMEN

Eş Danışman: Doç. Dr. Musa Kazım ÜÇÜNCÜ

Tarih: 7/2025

Sayfa: 155

Bu tez çalışması ortodontik ve gömük kalma nedenleri ile çekilmiş 3. büyük azı dişlerine farklı formülasyonda gümüş diamin florür (GDF) uygulamasından 1 hafta sonra cam iyonomer siman (CİS) ile restore edilen dişlerde, GDF uygulamasının restorasyonlardaki mikrosızıntıya etkisinin ve makaslama bağlanma dayanımı değerlerine etkisinin in vitro koşullarda araştırılması ve sonuçlarının klinik kullanıma katkı sağlaması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Çalışmaya dahil edilen 56 adet çekilmiş 3. büyük azı dişinin 28 adedi bağlanma dayanımı testi 28 adedi mikrosızıntı testi için kullanılmıştır. Bağlanma dayanımı testi için dişler 4 alt gruba ayrılmıştır: 1.Grup: %38 GDF jel+Equia Forte 2.Grup: %38 GDF likit+Equia Forte 3.Grup: %38 GDF + KI+Equia Forte 4.Grup: Negatif kontrol grubu olup sadece Equia Forte uygulanmıştır. Tüm gruplarda yapay dentin çürüğü oluşturulmuş ve restorasyonlar GDF uygulamasından 1 hafta sonra yapılmıştır ve örnekler 37°C’de yapay tükürükte bekletilmiştir. 3×4 mm boyutunda restorasyon uygulamasından 24 saat sonra universal test cihazı ile makaslama bağlanma dayanımı (MBD) değerleri ölçülmüştür. Kırık tipleri stereomikroskop, kırık yüzeyleri Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) ile incelenmiştir. Mikrosızıntının değerlendirilmesinde, boya penetrasyon yöntemi tercih edilmiştir. Bukkal yüzeylerinde standart olarak 4×3×2 mm boyutlarında sınıf V kaviteler hazırlanan örneklerin

restorasyonları yapıldıktan sonra 500 kez termal siklus uygulanmış ve %0,5'lik bazik fuksin boyası içerisinde 24 saat bekletilmiştir. 1 gün sonra restorasyonun ortasından bukkolingual doğrultuda longitudinal kesitler alınmıştır. Örnekler stereomikroskop altında incelenerek mikrosızıntı skorları belirlenmiştir.

Gruplar arasında makaslama bağlanma dayanımı değerleri ($p:0.259$) ve kırık tipleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Gruplar arasında oklüzal mikrosızıntı düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p= 0.723$). Gruplar arasında gingival mikrosızıntı düzeyleri açısından anlamlılığa yakın olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p= 0.059$).

Farklı formülasyonlarda uygulanan GDF'nin restorasyonların bağlanma dayanımı ve mikrosızıntısı üzerinde anlamlı bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gümüş Diamin Florür, Bağlanma Dayanımı, Remineralizasyon, Erken Çocukluk Çağı Çürüğü, Cam İyonomer Siman.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF SILVER DIAMINE FLUORIDE MODIFIED ATRAUMATIC RESTORATIVE TREATMENT UNDER IN VITRO CONDITIONS

MANDAL, Merve

PhD, Pediatric Dentistry Department, Altınbaş University,

Supervisor: Prof. Dr. Figen SEYMEN

Co-Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Musa Kazım ÜÇÜNCÜ

Date: 07/2025

Pages: 155

This thesis aimed to investigate, under in vitro conditions, the effects of different formulations of silver diamine fluoride (SDF) on microleakage and shear bond strength in teeth restored with glass ionomer cement (GIC) one week after SDF application. The study was conducted on third molars extracted due to orthodontic indications or impaction, with the ultimate goal of contributing to clinical practice.

A total of 56 extracted third molars were included: 28 for shear bond strength (SBS) testing and 28 for microleakage assessment. For the SBS test, samples were divided into four subgroups: Group 1: 38% SDF gel + Equia Forte; Group 2: 38% SDF solution + Equia Forte; Group 3: 38% SDF + Potassium iodide (KI) + Equia Forte; Group 4: Negative control (Equia Forte only). Artificial dentin caries were created in all samples, restorations were placed one week after SDF application, and samples were stored in artificial saliva at 37°C. SBS was measured 24 hours post-restoration using a universal testing machine on 3×4 mm restorations. Fracture types were evaluated under a stereomicroscope, and failure surfaces were analyzed via Scanning Electron Microscopy (SEM).

For microleakage analysis, standardized Class V cavities (4×3×2 mm) were prepared on the buccal surfaces. After restoration, samples underwent 500 thermocycles and were immersed

in 0.5% basic fuchsin dye for 24 hours. Longitudinal sections were taken through the center of each restoration, and dye penetration scores were recorded under a stereomicroscope.

No statistically significant differences were observed among the groups in SBS values ($p = 0.259$) or fracture types ($p > 0.05$). Occlusal microleakage differences were also not significant ($p = 0.723$). Although gingival microleakage levels approached significance, no statistical difference was found ($p = 0.059$).

In conclusion, different formulations of SDF had no significant effect on the bond strength or microleakage of restorations.

Keywords: Silver Diamine Fluoride, Shear Bond Strength, Remineralization, Early Childhood Caries, Glass Ionomer Cement.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
TABLO LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xiv
KISALTMALAR.....	xviii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 DİŞ ÇÜRÜĞÜ	3
2.1.1 Mine Çürüğü	4
2.1.2 Dentin Çürüğü	6
2.2 ERKEN ÇOCUKLUK ÇAĞI ÇÜRÜĞÜ	8
2.3 DEMİNERALİZASYON	11
2.4 REMİNERALİZASYON.....	14
2.5 DENTİN REMİNERALİZASYONUNDA KULLANILAN AJANLAR.....	16
2.5.1 Fluorid Ajanları	16
2.5.2 Biyoaktif Cam (Novamin).....	17
2.5.3 Kendiliğinden Birleşen Peptidler	18
2.5.4 Nanohidroksiapatit (nHAp).....	19
2.5.5 Bitkisel Kaynaklı Remineralizasyon Ajanları	20
2.5.5.1 Üzüm çekirdeği ekstresi (Polifenoller).....	20
2.5.5.2 Teobromin	20
2.5.5.3 Kitosan.....	20
2.5.6 Trikalsiyum Silikat (TKS).....	21
2.5.7 Gümüş Diamin Florür (GDF).....	21
2.5.7.1 Tarihçe.....	22
2.5.7.2 Kullanım alanları	23
2.5.7.3 Etki mekanizması	25

2.5.7.4	Toksisite	27
2.5.7.5	Uygulama sıklığı	28
2.5.7.6	Olası sorunlar	28
2.5.7.7	Klinik uygulama	30
2.5.7.8	Ticari ürünler ve GDF oranları.....	32
2.6	ATRAVMATİK RESTORATİF TEDAVİ	33
2.7	GEÇİCİ TERAPÖTİK RESTORASYON.....	33
2.8	GÜMÜŞ MODİFİYE ATRAVMATİK RESTORATİF TEDAVİ (SMART)....	34
2.9	CAM İYONOMER SİMAN (CİS).....	35
2.9.1	Yüksek Viskoziteli Cam İyonmer Siman.....	38
2.10	CAM İYONOMER SİMANLARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İN-VİTRO ORTAMDA DEĞERLENDİRİLMESİ.....	39
2.10.1	Bağlanma Dayanıklılığı Testleri	39
2.10.1.1	Makaslama bağlanma dayanıklılığı testi	41
2.10.2	Mikrosızıntı Testleri ve Termal Siklus Uygulaması	41
2.10.2.1	Boyar madde penetrasyon testleri	43
3.	GEREÇ VE YÖNTEM.....	45
3.1	ETİK KURUL.....	45
3.2	GÜMÜŞ DİAMİN FLORÜR İLE MODİFİYE ATRAVMATİK RESTORATİF TEDAVİ UYGULAMASININ ETKİNLİĞİNİN İN VİTRO DEĞERLENDİRİLMESİ..	46
3.2.1	Örneklem Büyüklüğünün Hesaplanması.....	46
3.2.2	Dişlerin Toplanması ve Hazırlığı	46
3.3	ÇALIŞMADA KULLANILAN GEREÇLER.....	48
3.3.1	Restoratif İşlem Öncesi Örnek Hazırlığında Kullanılan Gereçler	48
3.3.2	Restosyon Uygulama Aşamasında Kullanılan Gereçler	48
3.3.3	Deney Aşamasında Kullanılan Gereçler	49
3.3.3.1	Universal Test Cihazı (Shimadzu AGS-X, Kyoto, Japonya)	49
3.3.3.2	Stereo Mikroskop (Nikon SMZ745T, Nikon Enstruments, ABD)	50
3.3.3.3	Hassas kesme cihazı (Mecatome T180, PRESI, Eybens, Fransa).....	51

3.3.3.4	Termal siklus cihazı (MOD Dental, Esetron Smart Robotechnologies, Ankara, Türkiye).....	51
3.3.3.5	Yapay tükürük solüsyonu.....	52
3.3.3.6	Demineralizasyon solüsyonu.....	52
3.3.3.7	ZEISS EVO LS10 Taramalı Elektron Mikroskobu (Carl Zeiss, Almanya) 53	
3.4	MAKASLAMA BAĞLANMA DAYANIMI TESTİ.....	54
3.4.1	Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi için Örneklerin Hazırlanması.....	55
3.4.2	Yapay Dentin Çürüğü Oluşturma.....	57
3.4.3	Kavite Hazırlayıcı ve Remineralizasyon Ajanlarının Uygulaması	57
3.4.4	Restoratif Materyalin Uygulanması	61
3.4.5	Restoratif Materyalin Makaslama Bağlanma Dayanımının Belirlenmesi.....	62
3.4.6	Stereo Mikroskop ile Kırık Tiplerinin Sınıflandırılması.....	63
3.4.7	Taramalı Elektron Mikroskop İncelemesi (SEM).....	64
3.5	MİKROSIZINTI TESTİ	64
3.5.1	Mikrosızıntı Testi için Örneklerin Hazırlanması	64
3.5.2	Kavite Hazırlayıcı ve Remineralizasyon Ajanlarının Uygulaması	66
3.5.3	Restoratif Materyalin Uygulanması	68
3.5.3.1	Termal siklus uygulaması.....	69
3.5.4	Mikrosızıntı Değerlendirmesi ve Uygulanan Yöntem	70
3.6	İSTATİSTİK.....	70
4.	BULGULAR.....	71
4.1	MAKASLAMA BAĞLANMA DAYANIMI TESTİ BULGULARI	71
4.2	STEREOMİKROSKOP GÖRÜNTÜLEME SONUÇLARI	72
4.3	TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM) İNCELEME SONUÇLARI	76
4.4	MİKROSIZINTI TESTİ BULGULARI	80
5.	TARTIŞMA	85
6.	SONUÇ.....	105
	REFERANSLAR	107
	EKLER	137

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Piyasada Ticari Olarak Bulunan GDF Ürünleri ve İçerikleri (Zheng vd., 2022).	32
Tablo 3.1: Restorasyon Öncesi Örnekleri Hazırlamada Kullanılan Gereçler.	48
Tablo 3.2: Restorasyon Aşamasında Kullanılan Gereçler.	49
Tablo 3.3: Çalışma Grupları.	55
Tablo 4.1: Çalışma Grupları.	71
Tablo 4.2: Grupların Makaslama Bağlanma Dayanımları Açısından Değerlendirilmesi. ..	72
Tablo 4.3: Stereomikroskop İncelemesi Sonucu Tespit Edilen Kırıkların Gruplara Göre Dağılımı.	73
Tablo 4.4: Grupların Kırık Tiplerinin Değerlendirilmesi.	73
Tablo 4.5: Grupların Mikrosızıntı Açısından Değerlendirilmesi.	81

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Başlangıç Mine Çürüğü Histolojik Tabakaları (Yıkılğan & Kılıç, 2016).....	6
Şekil 2.2: Dentinin Kimyasal Bileşimi (Grawish vd., 2022).....	7
Şekil 2.3: Dentin Çürük Lezyonu (Innes vd., 2016).....	8
Şekil 2.4: Erken Çocukluk Çağı Çürüğünün Etiyoloji ve Patogenezinde Rol Alan Faktörler (S. Anil & Anand, 2017).	10
Şekil 2.5: Demineralizasyon-Remineralizasyon Siklusu(ten Cate & Buzalaf, 2019).	13
Şekil 2.6: Farklı Fluorid Konsantrasyonlarının Mine ve Dentin Demineralizasyonunu Engelleme Oranı (Buzalaf vd., 2011).....	16
Şekil 2.7: P11-4'ün Çürük Lezyonları Üzerindeki Etki Mekanizması (A) Lezyon Çevresinde Bulunan Kalsiyum Hidroksiapatit Kristallerinin, Peptid Molekülleri ile Etkileşime Geçmek Üzere Lezyonun İç Bölgesine Doğru Yönelmesi; (B) Üç Boyutlu Fibriler Doku İskelesi İçinde Oluşan Yeni Hidroksiapatit Kristalleri (Dawasaz vd., 2022).....	19
Şekil 3.1: Çalışmada Kullanılan Çekimleri Tamamlanmış 3. Büyük Azı Dişleri.....	47
Şekil 3.2: Diş Üzerindeki Yumuşak Doku Artıklarının Temizlenmesi.....	47
Şekil 3.3: Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi için Kullanılan Universal Test Cihazı (Shimadzu AGS-X, Kyoto, Japonya)	50
Şekil 3.4: Çalışmada Kullanılan Stereo Mikroskop Cihazı (Nikon SMZ745T, Nikon, ABD).	51
Şekil 3.5: Hassas Kesme Cihazı (Mecatome T180, PRESI, Eybens, Fransa).....	51
Şekil 3.6: Çalışmada Kullanılan Termal Siklus Cihazı (MOD Dental, Esetron Smart Robotechnologies, Ankara, Türkiye).....	52
Şekil 3.7: Çalışmada Kullanılan Taramalı Elektron Mikroskobu (ZEISS EVO LS10, Carl Zeiss, Almanya).....	54

Şekil 3.8: Dişlerin Gömülmesi için Hazırlanan Silikon Kalıp ve Okluzal Yüzeyi Dışarıda Kalacak Şekilde Akriliğe Gömülmüş Diş Örneği.	55
Şekil 3.9: Hassas Kesme Cihazı İçerisine Yerleştirilmiş Diş Örneği.....	56
Şekil 3.10: Dişlerin Gömülmesi için Hazırlanan Silikon Kalıp ve Soğuk Akriliğe Gömülmüş Diş Örneği.	57
Şekil 3.11: Mikro Fırça Yardımı ile Kavite Hazırlayıcı Uygulaması.....	58
Şekil 3.12: GDF Jel Formülasyonunun Mikro Fırça ile Yüzeye Uygulanması.....	58
Şekil 3.13: GDF Likit Formülasyonunun Mikro Fırça ile Yüzeye Uygulanması.	59
Şekil 3.14: a. GDF+KI Uygulamasında Gerekli Gereçler b. Mikro Fırça ile GDF Uygulaması c. Mikro Fırça ile KI Uygulaması.....	60
Şekil 3.15: Yapay Tükürük İçerisinde Numune Kaplarına Yerleştirilen Örnekler.	61
Şekil 3.16: Restorasyon için Hazırlanan Silikon Kalıp.	61
Şekil 3.17: Equia Forte Restoratif Materyalinin Kapsül Tabancası ile Uygulaması.....	62
Şekil 3.18: Equia Coat Uygulaması.....	62
Şekil 3.19: Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi için Cihaza Yerleştirilen Örnek.	63
Şekil 3.20: Sınıf V Kavite Açılmış Diş Örneği.	65
Şekil 3.21: Tırnak Cilasası ile Kaplanmış Diş Örneği.....	65
Şekil 3.22: Akrilik Bloğa Gömülmüş Diş Örneği.	66
Şekil 3.23: Mikro Fırça Yardımı ile Kavite Hazırlayıcı Uygulaması.....	66
Şekil 3.24: a. GDF Jel Formülasyonunun Mikro Fırça Yardımı ile Uygulanması b. GDF Likit Formülasyonunun Mikro Fırça ile Uygulanması.	67
Şekil 3.25: a. Mikro Fırça ile GDF Uygulaması b. Mikro Fırça ile KI Uygulaması Sonucu Oluşan Beyaz Çökelti c. Mikro Fırça ile KI Uygulamasının Tekrarlanması.	68

Şekil 3.26: Equia Forte Restoratif Materyalinin Kapsül Tabancası ile Kaviteye Uygulanması.	69
Şekil 3.27: Mikro Fırça Yardımı ile Equia Coat Uygulaması.	69
Şekil 4.1: Bağlanma Dayanımı Grafiği.	72
Şekil 4.2: Kırık Tiplerinin Grafiği.	74
Şekil 4.3: Grup 1'e ait Karma Kırık Oluşan Örneğin X30 Büyütmede Stereomikroskop Görüntüsü (Restoratif materyalin diş yüzeyinden tamamen ayrıldığı bölge beyaz ok ile, diş yüzeyinde kalan kalıntıları ise kırmızı ok ile gösterilmiştir).	74
Şekil 4.4: Grup 2'ye ait Adeziv Kırık Oluşan Örneğin X30 Büyütmede Stereomikroskop Görüntüsü (Restorasyonun diş yüzeyinden tamamen ayrıldığı bölge beyaz ok ile gösterilmiştir).	75
Şekil 4.5: Grup 3'e ait Karma Kırık Oluşan Örneğin X30 Büyütmede Stereomikroskop Görüntüsü (Restoratif materyalin diş yüzeyinden tamamen ayrıldığı bölge beyaz ok ile, diş yüzeyinde kalan kalıntıları ise kırmızı ok ile gösterilmiştir).	75
Şekil 4.6: Grup 4'e ait Adeziv Kırık Oluşan Örneğin X30 Büyütmede Stereomikroskop Görüntüsü (Restorasyonun diş yüzeyinden tamamen ayrıldığı bölge beyaz ok ile gösterilmiştir).	76
Şekil 4.7: Grup 1'e ait Karma Kırık Gözlemlenen Bir Örneğin Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüsü (X100 büyütme). (Restoratif materyalin diş yüzeyinden tamamen ayrıldığı bölge beyaz ok ile, diş yüzeyinde kalan kalıntıları ise kırmızı ok ile gösterilmiştir).	77
Şekil 4.8: Grup 1'e ait Karma Kırık Gözlemlenen Bir Örneğin Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüsü (X1000 büyütme) (Restoratif materyalin diş yüzeyinden tamamen ayrıldığı bölge beyaz ok ile, diş yüzeyinde kalan kalıntıları ise kırmızı ok ile gösterilmiştir).	77
Şekil 4.9: Grup 2'ye ait Karma Kırık Gözlemlenen Bir Örneğin Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüsü (X50 büyütme). (Restoratif materyalin diş yüzeyinden tamamen	

ayrıldığı bölge beyaz ok ile, dış yüzeyinde kalan kalıntıları ise kırmızı ok ile gösterilmiştir).	78
Şekil 4.10: Grup 2'ye ait Karma Kırık Gözlemlenen Bir Örneğin Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüsü (X1000 büyütme). (Restoratif materyalin dış yüzeyinden tamamen ayrıldığı bölge beyaz ok ile, dış yüzeyinde kalan kalıntıları ise kırmızı ok ile gösterilmiştir).	78
Şekil 4.11: Grup 3'e ait Adeziv Kırık Gözlemlenen Bir Örneğin Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüsü (X100 büyütme). (Restorasyonun dış yüzeyinden tamamen ayrıldığı bölge beyaz ok ile gösterilmiştir).	79
Şekil 4.12: Grup 3'e ait Adeziv Kırık Gözlemlenen Bir Örneğin Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüsü (X1000 büyütme). (Restorasyonun dış yüzeyinden tamamen ayrıldığı bölge beyaz ok ile gösterilmiştir).	79
Şekil 4.13: Grup 4'e ait Karma Kırık Gözlemlenen Bir Örneğin Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüsü (X100 büyütme). (Restoratif materyalin dış yüzeyinden tamamen ayrıldığı bölge beyaz ok ile, dış yüzeyinde kalan kalıntıları ise kırmızı ok ile gösterilmiştir).	80
Şekil 4.14: Grup 4'e ait Karma Kırık Gözlemlenen Bir Örneğin Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüsü (X1000 büyütme). (Restoratif materyalin dış yüzeyinden tamamen ayrıldığı bölge beyaz ok ile, dış yüzeyinde kalan kalıntıları ise kırmızı ok ile gösterilmiştir).	80
Şekil 4.15: Oklüzal Mikrosızıntı Grafiği.	82
Şekil 4.16 Gingival Mikrosızıntı Grafiği.	82
Şekil 4.17: Grup 1'e Ait Örneğin Stereomikroskop Görüntüsü.	83
Şekil 4.18: Grup 2'ye Ait Örneğin Stereomikroskop Görüntüsü.	83
Şekil 4.19: Grup 3'e Ait Örneğin Stereomikroskop Görüntüsü.	84
Şekil 4.20: Grup 4'e Ait Örneğin Stereomikroskop Görüntüsü.	84

KISALTMALAR

AAPD	:	The American Academy of Pediatric Dentistry
ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
ADA	:	American Dental Association
ART	:	Atraumatic Restorative Treatment (Atravmatik Restoratif Tedavi)
BMP	:	Bone Morphogenetic Protein (Kemik Morfogenetik Protein)
CİS	:	Cam İyonomer Siman
Co	:	Company
Corp	:	Corporation
DNA	:	Deoksiribo Nükleik Asit
dk	:	Dakika
DSÖ	:	Dünya Sağlık Örgütü
EAPD	:	European Academy of Paediatric Dentistry
EÇÇ	:	Erken Çocukluk Çağın Çürüğü
FDA	:	Gıda ve İlaç İdaresi
FHap	:	Florohidroksiapatit
GDF	:	Gümüş Diamin Florür
HAp	:	Hidroksiapatit
HCA	:	Hidroksikarbonat Apatit
HEMA	:	2-Hidroksietil Metakrilat
ICDAS	:	Uluslararası Çürük Tespit ve Değerlendirme Sistemi
Inc	:	Incorporated
ISO	:	International Organization for Standardization
ITR	:	Interim Therapeutic Restoration

Kg	:	Kilogram
LED	:	Light Emitting Diode
Ltd	:	Limited
M	:	Molar
Mg	:	Miligram
MIH	:	Molar Incisor Hipomineralization (Molar–İnsizör-Hipomineralizasyon)
Mm ²	:	Milimetrekaare
mm	:	Milimetre
MMP	:	Matriks Metalloproteinaz
MPa	:	Megapaskal
mL	:	Milimetre
mM	:	Milimolar
nHAp	:	Nano-Hidroksiapatit
nm	:	Nanometre
PEP	:	Phosphoenolpyruvate (Fosfoenolpirüvat)
pH	:	Potentia Hydrogenii
ppm	:	Parts Per Million
RMCIS	:	Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman
SDF	:	Silver Diamine Fluoride
SEM	:	Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskopi)
SMART	:	Silver Modified Atraumatic Restorative Treatment
TGF- β	:	Transforming Growth Factor Beta (Transforme Edici Büyüme Faktörü Beta)

TKS	:	Trikalsiyum Silikat
WHO	:	World Health Organization
YVCIS	:	Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Siman



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Diş çürüğünün dünya genelinde yaklaşık 3,1 milyar kişiyi (%44) etkilediği, yaşam kalitesinde belirgin bir düşüşe neden olduğu ve bireyler, aileler ve toplumlar açısından yüksek maliyetler oluşturduğu bilinmektedir. Diş çürükleri, genetik, fizyolojik, çevresel ve davranışsal faktörlerin etkileşimi sonucunda ortaya çıkmaktadır (Pitts vd., 2021). Erken Çocukluk Çağı Çürüğü (EÇÇ), 6 yaşından küçük çocukların süt dişlerinde en az bir çürük lezyonu (kaviteli veya kavitesiz), çürüğe bağlı olarak eksik ya da dolgulu yüzeylerin varlığı ile tanımlanmaktadır (Tinanoff vd., 2019). EÇÇ, küresel ölçekte yılda 1,8 milyar yeni vakanın gözlemlendiği, en yaygın kronik çocukluk çağı hastalıklarından biri olarak kabul edilmektedir (Vos vd., 2017).

Diş hekimliği hizmetlerine erişimin kısıtlı olduğu durumlarda veya hizmete erişim sağlansa dahi sistemik, bilişsel ya da fiziksel hastalıklar nedeniyle özel tedavi gereksinimi olan bireylerde, ayrıca dental anksiyete nedeniyle iş birliğinin sağlanamadığı vakalarda genel anestezi ve/veya sedasyon gibi farmakolojik yöntemlerden kaçınılması adına gümüş diamin florür (GDF) ve atravmatik restoratif tedavi (ART) gibi alternatif yaklaşımlar önemli bir rol üstlenmektedir (Crystal, Janal, vd., 2017).

Gümüş, antimikrobiyal özellikleri nedeniyle; florür ise çürüklerin önlenmesi, ilerleyişinin durdurulması ve remineralizasyon sağlanması açısından uzun yıllardır diş hekimliği alanında yaygın olarak kullanılmaktadır (Natarajan, 2022). GDF'nin çürük lezyonlarını durdurma mekanizması, gümüş ve florür bileşenlerinin sinerjistik etkisiyle açıklanmaktadır (Mei vd., 2018). Yapılan araştırmalarda GDF'nin biyofilm oluşumunu engellediği, remineralizasyonu desteklediği, kolajen bozulmasına engel olduğu, demineralizasyonu önlediği ve dentin tübüllerini tıkadığı gösterilmiştir (Mei vd., 2018; I. S. Zhao vd., 2018). Bu özellikleriyle diş çürüğü ve dentin aşırı duyarlılığının tedavisinde etkili bir ajan olarak değerlendirilmektedir (Zheng vd., 2022).

Gümüş iyonlarının, *Streptococcus mutans* ve diğer karyojenik bakteriler üzerinde doğrudan bakterisidal etki gösterdiği, biyofilm oluşumunu enzimatik yolla inhibe ettiği (Wakshlak vd., 2015), dentin kollajen yıkımını önlediği ve mineral kaybını engellediği bilinmektedir (Knight vd., 2007). Böylece demineralizasyonu engellemektedir (Mei vd., 2013). Florür

iyonları ise biyofilmi inhibe ederek apatit çekirdeklenmesini desteklemekte ve remineralizasyon sürecine katkıda bulunmaktadır (Rosenblatt vd., 2009).

Mevcut bilimsel kanıtlar, sızdırmaz bir restorasyon yapıldığında, derin dentin çürüklerinde enfekte dentinin tamamen uzaklaştırılmasının gerekli olmadığını ortaya koymaktadır (E. Kidd vd., 2015). GDF ile enfekte dentinin ilerleyişinin durdurulması ve ardından sızdırmaz bir restorasyon ile kapatılması, çürük yönetiminde ikili bir fayda sunmaktadır (AAPD, 2020).

GDF ve ART'nin birlikte kullanıldığı bu yeni çürük tedavi yaklaşımı, gümüş modifiye atravmatik restoratif tedavi (SMART) olarak adlandırılmaktadır (Natarajan, 2022). Ayrıca GDF uygulaması sonrasında oluşan siyah renklenmenin maskeleme imkânı sunması ve kalan diş yapısının kırılma riskini azaltması ve böylece çiğneme fonksiyonunu yeniden sağlaması gibi ek avantajlar da sağlamaktadır (AAPD, 2020; Natarajan, 2022).

Gümüş diamin florür (GDF), erken çocukluk çağı çürüklerinin (EÇÇ) tedavisinde koruyucu ve önleyici bir strateji olarak öne çıkmakta olup; düşük maliyeti, uygulama kolaylığı ve minimal invaziv oluşu gibi çeşitli avantajlar sunmaktadır. Bu özellikleri nedeniyle, özellikle kooperasyonun sağlanamadığı ya da özel gereksinimli çocuklarda çürük kontrolü amacıyla daha etkili bir şekilde kullanılma potansiyeline sahiptir (Crystal, Marghalani, vd., 2017). Bu tedavi yaklaşımının, ülkemizde yüksek seyreden EÇÇ insidansının azaltılmasına katkı sunması ve dolaylı olarak ülke ekonomisine olumlu etkiler sağlaması beklenmektedir.

Bu tez çalışması ortodontik ve gömük kalma nedenleri ile çekilmiş 3. büyük azı dişlerine farklı formulasyonda GDF uygulamasından 1 hafta sonra cam iyonomer siman (CİS) ile restore edilen dişlerde, GDF uygulamasının restorasyonların mikrosızıntılarına etkisinin ve makaslama bağlanma dayanımı değerlerine etkisinin in vitro koşullarda araştırılması ve sonuçlarının klinik kullanıma katkı sağlaması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 DİŞ ÇÜRÜĞÜ

Diş çürüğü, hem bireysel hem de toplumsal düzeyde etkileri olan, multifaktöriyel bir hastalıktır. Genetik yatkınlık, tükürük özellikleri, diyet alışkanlıkları ve diş morfolojisi gibi biyolojik faktörlerin yanı sıra kültürel, davranışsal ve sosyoekonomik etkenler de çürük gelişiminde rol oynamaktadır (Dean, 2021).

Diş çürüğü, oral mikrobiyal aktivitenin ürettiği organik asitlerin neden olduğu demineralizasyon evreleri ile tükürük komponentleri ve çeşitli terapötik ajanların etkisiyle gerçekleşen remineralizasyon evrelerinin ardışık şekilde ilerlediği, ancak bu iki süreç arasındaki dengenin demineralizasyon lehine bozulduğu karmaşık ve dinamik bir süreçtir (Kilian vd., 2016).

Konakçı ile mikroorganizma arasındaki dengenin bozulması sonucu ortaya çıkan hastalıklar "disbiyoz" olarak tanımlanmakta olup, diş çürüğü bu bozukluklara örnek olan önemli bir oral hastalıktır. Ağız mikrobiyotasını etkileyen çevresel faktörler arasında en belirgin olanı, karbonhidrat içeren besinlerin sık ve tekrarlı tüketimidir. Bu durum, oral mikroorganizmaların metabolik aktiviteleri sonucunda ortam pH'nın düşmesine ve aşırı asit üretimine yol açmaktadır. Ağız ortamında asidin sürekli ve yoğun şekilde üretilmesi, asit üretebilen (asidojenik) mikroorganizmaların seçilerek baskın hale gelmesine neden olur. Bu mikroorganizmalar, aynı zamanda asidik koşullarda hayatta kalma yetenekleri yüksek olan asit toleranslı (asidofilik) ve asidik ortamda da asit üretimini sürdürebilen (asidürik) türlerdir (Marsh, 2018; Pitts vd., 2021).

Diş çürüğünün gelişebilmesi için başlıca üç unsurun bir araya gelmesi gereklidir. Bunlar: Dişin sert dokularının varlığı, fermente edilebilir karbonhidratların tüketimi ve asidürik özellik gösteren bakterilerin ağız ortamında bulunmasıdır (Fisher-Owens vd., 2007). Tükürük ve mikroorganizmalar etkileşime girerek diş yüzeyinde organize bir yapı olan dental biyofilmi oluşturmaktadır. Zaman içerisinde ağız ortamında bulunan karbonhidratlar, mikroorganizmalar için başlıca enerji kaynağı haline gelir. Bu karbonhidratların mikrobiyal fermentasyonu sonucunda ortaya çıkan organik asitler, diş yüzeyinde mineral kaybına (demineralizasyon) neden olarak çürük oluşum sürecini başlatır. Tükürüğün akış hızı,

seyreltme etkisi ve tamponlama kapasitesi de çürük oluşumunun ilerlemesine ve gerilemesine etki eden önemli faktörler arasında yer almaktadır (J. D. B. Featherstone, 2004).

Diş çürüğü, mine ya da sement yüzeyinde başlayarak demineralizasyon ve remineralizasyon döngüleri süresince yavaş şekilde ilerleyen bir hastalıktır. Bu döngüler arasındaki denge bozulduğunda ve demineralizasyon baskın hale geldiğinde, başlangıç çürükleri oluşmaktadır. Diş dokusunun kaviteye uğraması ise hastalık sürecinin ileri bir aşamasını temsil etmektedir. Ancak kaviteye gerçeşmeden önce ağız ortamı uygun hale getirilebilirse, çürük lezyonları remineralize edilebilmekte; kaviteye mevcut olduğı durumlarda ise lezyonun ilerlemesi durdurulabilmektedir (J. D. Featherstone vd., 2018).

Diş çürüğüne yönelik geleneksel “tek patojen, tek hastalık” yaklaşımı, günümüzde yerini, mikrobiyal topluluğun patojenite potansiyelini bir bütün olarak ele alan bir anlayışa bırakmıştır (Pitts vd., 2021). Çürük gelişiminde rol oynayan tüm mikroorganizma türleri, ortak olarak asidojenik ve asit toleranslı fenotip özellikleri göstermektedir; ancak hastalığa özgü, tanısal tek bir “patojen” bulunmamaktadır. Çoğunlukla çürük etkeni olarak bildirilen *Streptococcus mutans* gibi bakteriler, çürüğe sahip olmayan bireylerin ağız florasında da yaygın biçimde bulunabilmekte ve çürük lezyonlarından elde edilen toplam mikrobiyal popülasyonun %1’inden daha azını oluşturmaktadır (Tvetman, 2018).

Diş çürüğü, ağız mikrobiyotasının dengeli durumunun bozulmasıyla başlar; bu durum, kommensal biyofilmin yerini, asidojenik ve asidürik mikroorganizmaların baskın olduğı çürük oluşturan biyofilme bırakmasıyla karakterizedir. Çürük oluşturan biyofilimde pH değeri 5,5’in altına düşmesiyle birlikte uzun süreli bir asidik ortam oluşmakta; bu durum, diş sert dokularında demineralizasyona yol açarak diş çürüğünün gelişimini tetiklemektedir (Pitts vd., 2017; Tanner vd., 2018). Bu hastalığın başlaması ve ilerlemesi, koruyucu mekanizmalar ile patolojik etkenler arasındaki dengenin bozulmasından etkilenmektedir (J. D. B. Featherstone, 2000; Pitts vd., 2017).

2.1.1 Mine Çürüğü

Mine dokusu, insan vücudunda bulunan en sert doku olup, dişin dış yüzeyinde yer alarak aşınmaya karşı koruyucu bir bariyer görevi üstlenmektedir. Yaşam boyu çiğneme

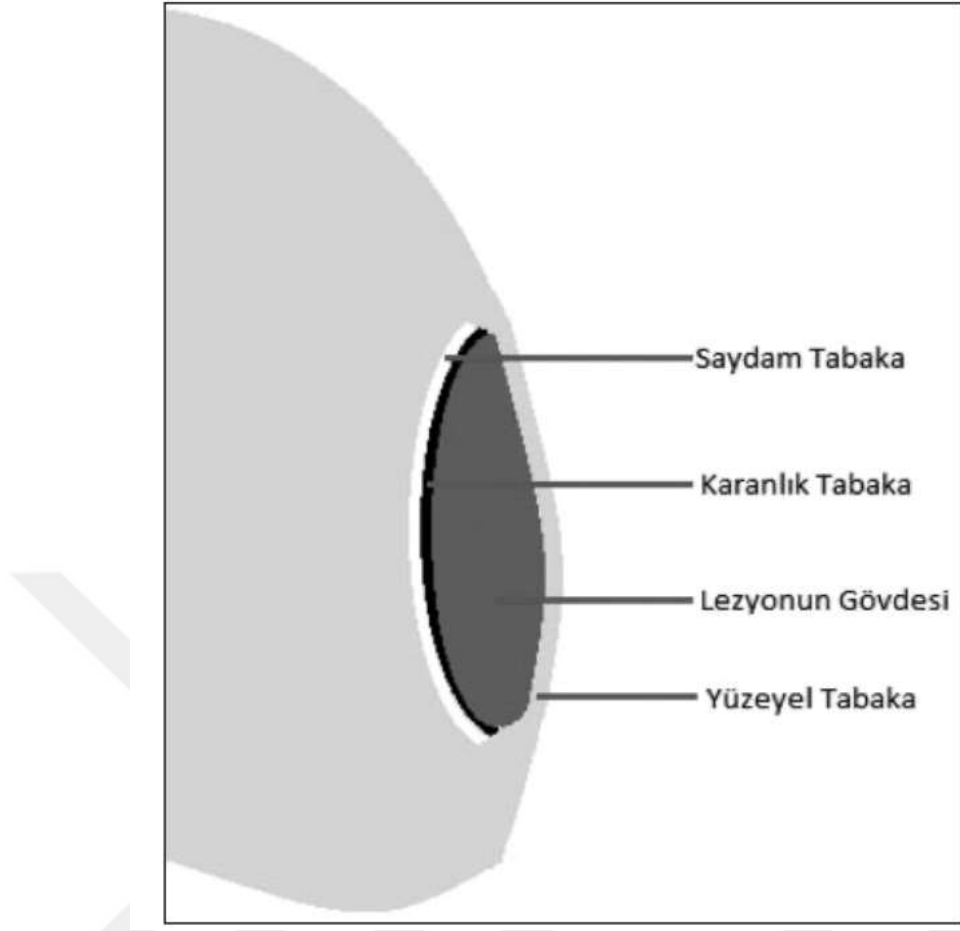
kuvvetlerine, aşırı kimyasal ve sıcaklık değişimlerine dayanacak şekilde tasarlanmıştır ve aynı zamanda dış yapısını dış etkenlere karşı korumaktadır (Gil-Bona & Bidlack, 2020).

Periodontal olarak sağlıklı bireylerde, çürük süreci genellikle mineden başlamaktadır. Bu süreçte ilk yapısal değişiklikler, dental plak biyofilminin tutunduğu bölgelerde gözlemlenmektedir. Demineralizasyon sonucu, mine yüzeyinde mikro gözeneklerin oluşumu artmakta ve bu durum, karakteristik olarak opak ve mat görünüme sahip beyaz lezyonların (beyaz nokta lezyonları) ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Guerrieri vd., 2012).

Klinik değerlendirme sırasında, minede gelişen erken çürük lezyonu genellikle beyaz, opak bir alan olarak gözlemlenir. Bu lezyon, çevresindeki sağlam mine dokusuna kıyasla daha yumuşak bir yapıya sahiptir ve karakteristik olarak beyazımsı bir renkte görülmektedir. Lezyon, hava ile kurutulduğunda opaklığı artar ve daha belirgin bir beyazlık kazanmaktadır (Roopa vd., 2015).

Beyaz nokta lezyonları, yüzeyde bütünlüğü korunmuş mine dokusu altında gerçekleşen demineralizasyon ile karakterize edilen erken dönem çürük lezyonlarıdır. Bu lezyonlar, asidojenik mikroorganizmaların etkisiyle mine prizma yapısındaki hidroksiapatit kristallerinin çözünmesi sonucu oluşmaktadır. Başlangıç çürük lezyonları klinik olarak opak beyazdan sarı-kahverengiye kadar değişen renk tonlarında gözlemlenebilmektedir. Bu tip lezyonlarda gözlenen opak beyaz görünüm, mine dokusundaki mineral kaybı sonucunda oluşan iç gözeneklerin, dokunun kırılma indeksini değiştirmesiyle ilişkilidir (Welbury, 2019).

Başlangıç aşamasındaki mine çürükleri histolojik açıdan incelendiğinde, dört farklı yapısal bölgeden oluşmaktadır. Bunlar; yüzeyel tabaka, lezyon gövdesi, karanlık tabaka ve saydam tabaka şeklinde sıralanmaktadır (Robinson vd., 2000). Şekil 2.1’de başlangıç mine çürüğünün histolojik tabakaları şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Başlangıç Mine Çürüğü Histolojik Tabakaları (Yıkılğan & Kılıç, 2016).

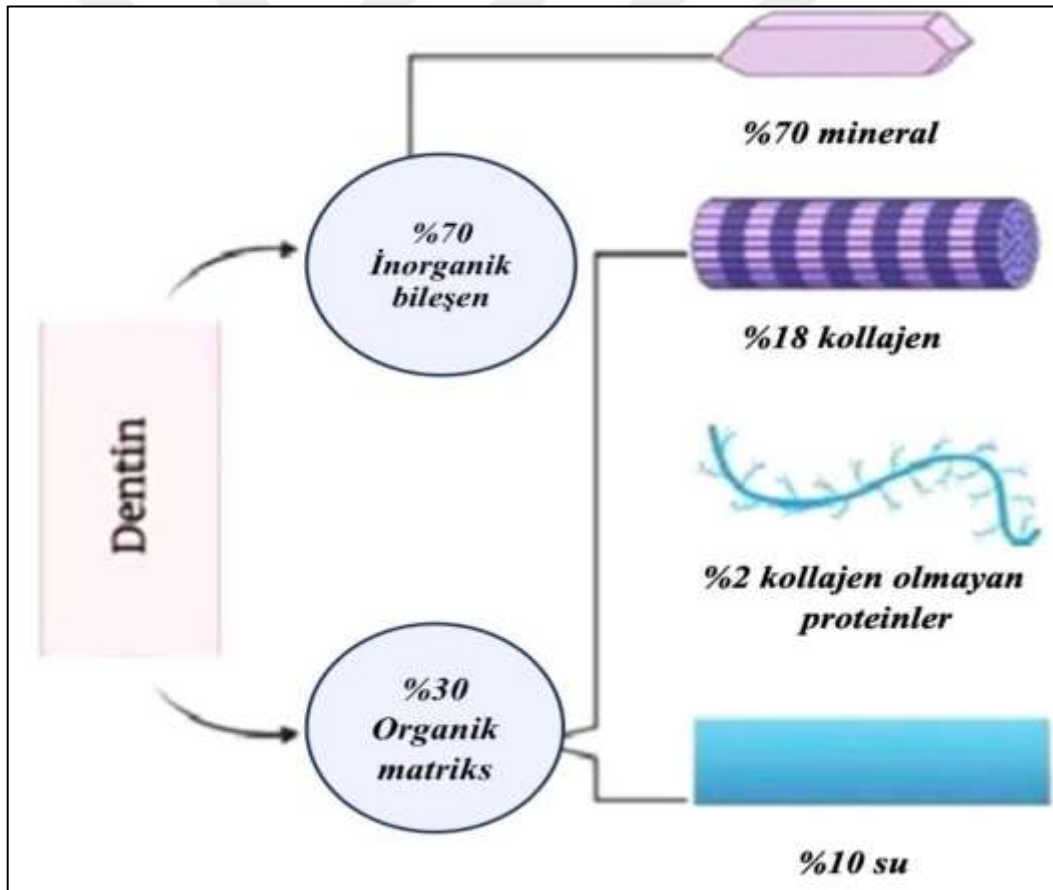
Bu erken aşamada lezyon, geri döndürülebilir olup uygun koşullarda remineralizasyon yoluyla sağlıklı diş dokusu yeniden oluşabilmektedir. Ancak demineralizasyon süreci devam ederse, çürük ilerleyerek yapısal hasarın kalıcı hâle geldiği geri dönüşümsüz bir evreye ulaşabilmektedir (E. A. M. Kidd & Fejerskov, 2016).

2.1.2 Dentin Çürüğü

Dentin, yapısında bulunan dentin tübülleri içerisinde odontoblast hücreleri barındıran, aynı zamanda çiğneme sırasında oluşan mekanik kuvvetlerin dağıtımını sağlayan mineralize ve canlı dokudur (Goldberg, 2011).

Dentin, kimyasal bileşimi açısından incelendiğinde, yaklaşık %70 oranında mineral (hacimce %40–45), %20 organik matriks (hacimce %30) ve %10 su (hacimce %20–25) içermektedir. Organik matriksin büyük bir bölümünü %18 oranında kolajen lifleri oluşturmaktadır; bu kolajenin %86'sı tip I olup, tip III, V ve VI gibi diğer kolajen tiplerini

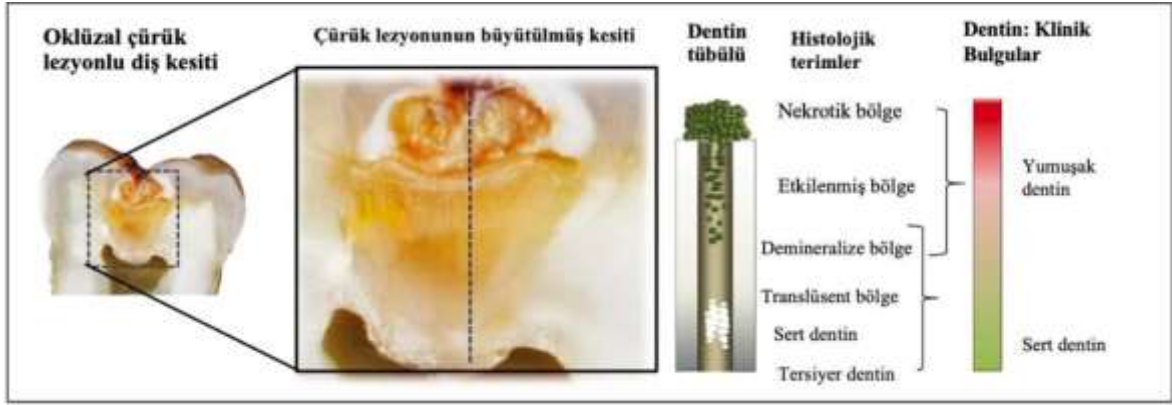
de içermektedir. Geriye kalan %2'lik kısım ise kolajen dışı proteinler, proteoglikanlar, büyüme faktörleri, fosfolipitler ve çeşitli enzimlerden oluşmaktadır (Şekil 2-2) (Grawish vd., 2022; Guirado & George, 2021). Dentin matriksi, temel fibroblast büyüme faktörü, insülin benzeri büyüme faktörü, dönüştürücü büyüme faktörü- β (TGF- β) ve kemik morfogenetik proteinler (BMP'ler) gibi çeşitli büyüme faktörleri için bir depo işlevi görmektedir. Osteopontin ve osteokalsin gibi kolajen dışı proteinler hem dentin hem de kemik dokusunda yaygın olarak bulunurken, dentin fosfoproteini, yalnızca dentin dokusuna özgü bir kolajen dışı protein olarak tanımlanmaktadır (Um vd., 2017). Dentinin inorganik bileşimi, kalsiyum ve fosfat iyonlarından oluşan hidroksiapatit (HAp) kristallerinden meydana gelmektedir. Bu kristallerin boyutu, kemik dokusunda bulunanlardan daha büyük, ancak mine dokusundakilerden belirgin şekilde daha küçüktür (Pajor vd., 2019).



Şekil 2.2: Dentinin Kimyasal Bileşimi (Grawish vd., 2022).

Çürük dentin dokusu, histopatolojik olarak çürükle enfekte olmuş dentin ve çürükten etkilenmiş şeklinde iki farklı bölgeye ayrılmaktadır. Enfekte dentin, periferik çürükle

enfekte olan bölgedir. Genellikle mine-dentin birleşim bölgesine yakın konumda bulunan, bakteriyel invazyonun uzun süreli etkisiyle ciddi şekilde harap olmuş, nekrotik yapıya sahip ve geri dönüşümsüz olarak hasar görmüş yumuşamış bir dokudur. Bu yumuşama, kolajen liflerinin proteolitik enzimler aracılığıyla denatürasyonu ve inorganik yapının asidik demineralizasyonu sonucu meydana gelmektedir. Buna karşılık, çürükten etkilenmiş dentin tabakası, kolajen matriksin yapısal bütünlüğünü koruduğu, bu nedenle de uygun koşullarda yeniden onarılabilme potansiyeline sahip, çürük süreciyle geri dönüşümlü olarak zarar görmüş daha derin bir bölgedir (Banerjee, 2013). Şekil 2-3'te, dentin dokusunda gelişen çürük lezyonuna ilişkin şematik bir görüntü sunulmaktadır.



Şekil 2.3: Dentin Çürük Lezyonu (Innes vd., 2016).

2.2 ERKEN ÇOCUKLUK ÇAĞI ÇÜRÜĞÜ

Bebeklik döneminde görülen diş çürükleri ilk kez 1930'lu yıllarda küçük çocuklarda siyahlaşmış dişleri tanımlayan "Les dents noire de tout-petits" (küçük çocukların siyah dişleri) ifadesiyle tarif edilmiş ve literatürde melanodontie infantile (çocukluk çağı melanodontisi) olarak isimlendirilmiştir (Beltrami, 1932).

1962 yılında Dr. Elias Fass tarafından literatüre kazandırılan "nursing bottle mouth" (biberon ağzı) terimi, süreç içinde dönüşüme uğrayarak günümüzde yaygın olarak "biberon çürüğü" olarak kullanılmaktadır (Tinanoff, 1998). Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalar, küçük çocuklarda diş çürüğü gelişiminin tek başına biberon kullanımına bağlanamayacağını ortaya koymuştur ve bu durumun tanımlanması için daha genel bir terim olan Erken Çocukluk Çağı Çürükleri (EÇÇ) kavramının kullanılması önerilmiştir (Tinanoff & O'Sullivan, 1997). Erken Çocukluk Çağı Çürükleri (EÇÇ), altı yaşından küçük çocukların

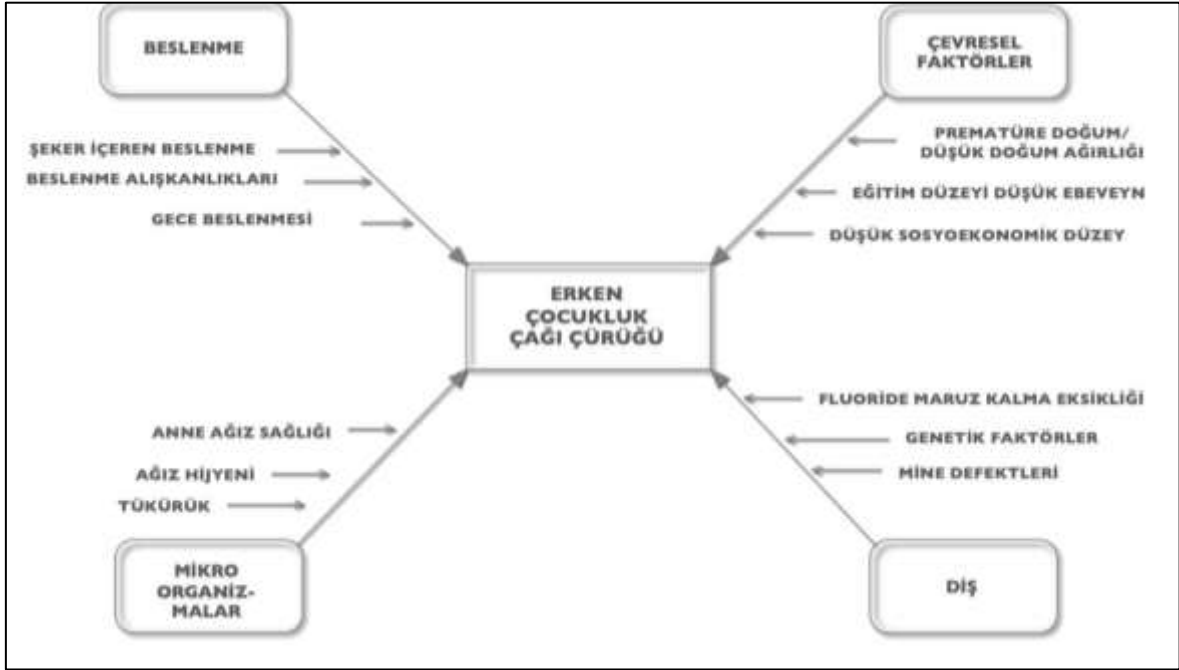
süt dişlerinde, çürüğe bağlı olarak gelişen bir ya da daha fazla sayıdaki kaviteli veya kavitesiz lezyonun yanı sıra, çürük nedeniyle kaybedilmiş ya da dolgulu diş yüzeylerinin varlığı olarak tanımlanmaktadır (AAPD, 2022; Pitts vd., 2019).

Erken Çocukluk Çağı Çürüğü (EÇÇ), erken çocukluk döneminde en sık görülen kronik hastalıklar arasında yer almaktadır. Önlenebilir nitelikte olmasına rağmen, günümüzde dünya genelinde 600 milyonu aşkın çocuğu etkilemekte ve bu vakaların önemli bir kısmı uygun şekilde tedavi edilememektedir (American College of Dentists Scientific, 2000).

Çocukların ve ailelerinin yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyen Erken Çocukluk Çağı Çürüğü (EÇÇ), aynı zamanda toplum üzerinde gereksiz bir sağlık yükü oluşturmaktadır (Pitts vd., 2019).

Tedavi edilmeyen çürükler; ağrıya, sepsise ve enfeksiyonun yayılımına yol açabilmekte; ayrıca beslenme yetersizliği ile yeme güçlüğüne ve genel sağlık durumunun bozulmasına neden olabilmektedir (Foster vd., 2006). Pediatrik popülasyonda, özellikle üç yaş altı çocuklarda görülen diş çürüklerinin tedavisi çoğu zaman sedasyon veya genel anestezi gibi farmakolojik müdahaleleri gerektirmektedir. Ancak bu yaklaşımlar, potansiyel komplikasyon riskleri taşımaları ile hasta açısından yüksek maliyetli olmaktadır (Andropoulos & Greene, 2017).

Erken Çocukluk Çağı Çürüğü (EÇÇ)'nin güncel tanımı, diğer çürük formlarında olduğu gibi, dişin sert dokularında meydana gelen demineralizasyon ile remineralizasyon süreçleri arasındaki dengenin bozulması sonucunda ortaya çıkan, biyofilm aracılı, şeker tüketimine bağlı, multifaktöriyel ve dinamik bir hastalık olarak ifade edilmektedir. Diş çürüğü, bireyin içinde bulunduğu çevresel koşullar doğrultusunda biyolojik, davranışsal ve psikososyal faktörlerden etkilenerek şekillenmektedir. Şekil 2-4'te, Erken Çocukluk Çağı Çürüğü (EÇÇ)'nin etioloji ve patogenezinde rol oynayan başlıca faktörler gösterilmektedir. Erken Çocukluk Çağı Çürüğü (EÇÇ), aşırı şeker tüketimiyle ilişkili olması nedeniyle diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve obezite gibi diğer bulaşıcı olmayan hastalıklarla benzer risk faktörlerini paylaşmaktadır. Aşırı şeker tüketimi, diş yüzeyine tutunan bakteriler tarafından uzun süreli asit üretimini teşvik etmekte ve bu durum, ağız florasının bileşiminde ve biyofilmin pH düzeyinde değişikliklere neden olmaktadır. Sürecin devam etmesi halinde ise diş sert dokularında demineralizasyon meydana gelmektedir (Gedif Meseret, 2021; Pitts vd., 2019; Tigerprints vd., 2022).



Şekil 2.4: Erken Çocukluk Çağı Çürüğünün Etiyoloji ve Patogenezinde Rol Alan Faktörler (S. Anil & Anand, 2017).

Erken çocukluk çağı çürüğü ile ilişkili sosyal ve davranışsal risk faktörleri arasında; bireyin yaşamı boyunca maruz kaldığı olumsuz ekonomik koşullar, sağlık hizmetlerine yetersiz erişim, ebeveyn ya da bakım veren kişilerin düşük sağlık okuryazarlığı, öğün aralarında şeker içeren atıştırmalıklar veya içeceklerin tüketilmesi, özellikle uyku öncesinde ilave şeker içeren gıdalarla biberon kullanımının sürdürülmesi ile 12 aydan uzun süren ve çoğunlukla gece gerçekleşen emzirme, bakım verenin aktif diş çürüğü mevcudiyeti ve çocuğun özel sağlık bakım ihtiyacının bulunması yer almaktadır (M. Jain vd., 2015; Tinanoff vd., 2019).

Erken çocukluk çağı çürüğü ile ilişkili klinik risk faktörleri arasında; başlangıç aşamasındaki kavite formasyonu oluşmamış çürük lezyonları veya mine defektlerinin mevcudiyeti, çürük kaynaklı gözle görülür kavite, restorasyon ya da diş eksiklikleri ile diş yüzeylerinde biriken gözle fark edilebilen plak varlığı yer almaktadır (S. Anil & Anand, 2017; Tinanoff vd., 2019).

Flor içeren içme sularının tüketilmesi, floridli diş macunu ile günde en az iki kez diş fırçalama alışkanlığının kazandırılması, diş hekimi tarafından yapılan topikal florid uygulamaları ve düzenli dental kontrollerin sağlanması gibi faktörler, erken çocukluk çağı

çürüğüne karşı koruyucu rol oynamaktadır (Olczak-Kowalczyk vd., 2021; Tinanoff vd., 2019).

Erken çocukluk çağı çürüğünden korunma, üç aşamalı bir yaklaşımla ele alınmaktadır. Birincil koruma, hastalık henüz başlamadan önce uygulanabilecek önleyici stratejileri kapsamaktadır. Bunlar, ebeveynlerin/ bakım verenlerin ve sağlık profesyonellerinin ağız ve diş sağlığına ilişkin okuryazarlık düzeylerinin artırılmasını, çocuklarda serbest şeker içeren yiyecek ve içeceklerin tüketiminin sınırlandırılmasını ve günlük florid maruziyetinin sağlanmasını kapsamaktadır. İkincil koruma, çürük lezyonlarının henüz başlangıç düzeyindeyken ilerleyişinin durdurulması veya mevcut demineralize alanların remineralizasyonunun desteklenerek kaviteasyonun önlenmesini amaçlayan müdahaleleri kapsamaktadır. Bu amaç doğrultusunda flor verniği uygulama sıklığının artırılması (örneğin yılda iki yerine dört kez uygulanması) ya da çürük açısından risk taşıyan büyük azı dişlerine fissür örtücü uygulanması gibi yaklaşımlar, çürük ilerleyişini durdurmada etkili ve invaziv olmayan stratejiler arasında yer almaktadır. Üçüncül koruma, kaviteleşmiş çürük lezyonlarının daha fazla ilerlemesinin engellenmesini ve etkilenen dişlerin ağız ortamında fonksiyonlarını sürdürebilmelerini sağlamak amacıyla gerçekleştirilen noninvaziv ve operatif işlemleri kapsamaktadır (Pitts vd., 2019).

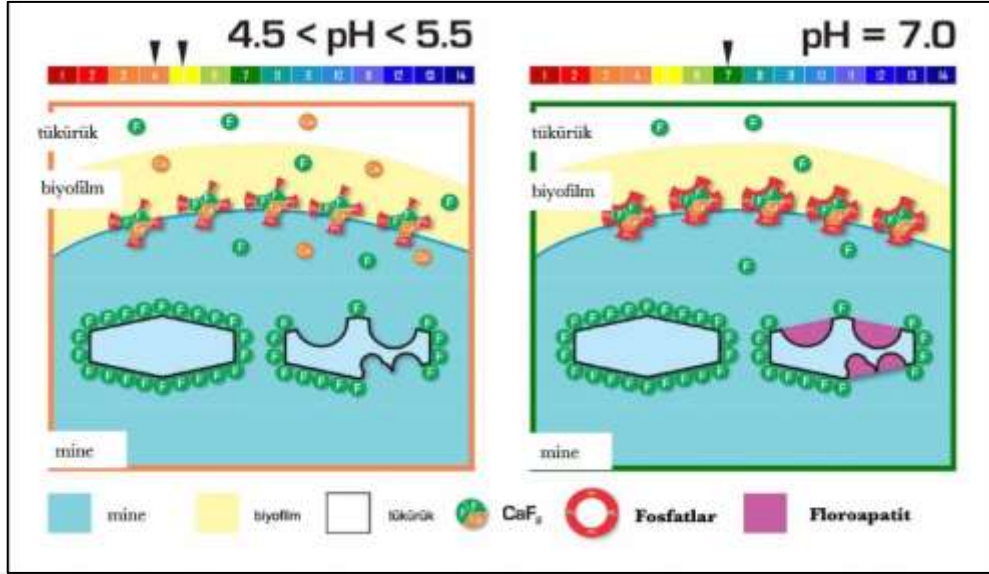
2.3 DEMİNERALİZASYON

Mine, dentin, sement ve kemik, hem organik hem de inorganik bileşenlerden oluşan doğal bileşimlerdir. Kemik, sement ve dentin özelleşmiş bağ dokuları iken, mine ektodermal kökenlidir. Özelleşmiş bağ dokularının (kemik, sement ve dentin) organik bileşenlerinin yaklaşık %90'ını tip I kolajen oluşturmakta, geri kalan kısmı ise kolajen olmayan proteinlerden meydana gelmektedir. Buna karşılık, mine dokusu çok az miktarda ya da hiç kolajen içermemekte olup, organik matrisi büyük oranda (%90) amelogenin isimli proteinden oluşmaktadır. Bu sert dokuların inorganik bileşeni, biyolojik apatitten oluşmaktadır ve bu yapı, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ kimyasal formülü ile tanımlanmaktadır. Mine dokusu, yaklaşık %90'ı prizmatik kristallerden oluşan yapısıyla, dentin ve kemik (%70) ile sement (%45) dokularına kıyasla daha yüksek oranda inorganik içeriğe sahiptir. Biyolojik apatitin birim hücresi hekzagonal formdadır ve bu birim hücrelerin tekrarı, farklı boyutlarda kristallerin oluşumunu sağlamaktadır. Ancak, mine dokusunda bu kristaller, kemik ve

dentinde bulunanlara kıyasla daha büyük boyutlu ve belirgin şekilde düzenlenmiş olup, bu özellik mineyi vücuttaki en sert doku haline getirmektedir. Dentin ise, organik içeriğinin yüksek olması nedeniyle mineye göre daha esnek bir yapıya sahiptir ve bu özelliği sayesinde mine ve sement dokularının altında bulunarak esnek bir ara katman işlevi görmektedir (Neel vd., 2016).

Diş dokularında gerçekleşen demineralizasyon süreci, ağız ortamının pH seviyesinin kritik eşik değeri olan 5,5'in altına inmesiyle başlar. Bu durum, hidroksiapatit (HAp) kristallerinin çözünmesine ve buna bağlı olarak kalsiyum ile fosfat iyonlarının diş yüzeyinden uzaklaşmasına neden olur. Kimyasal demineralizasyonun temel kaynakları, tüketilen gıdalarla alınan asidik içerikler ve oral mikrobiyota tarafından üretilen asitlerdir. Asidik etkilere maruz kalınması ya da demineralizasyon sırasında hem inorganik yapılar hem de organik matris bileşenleri kimyasal olarak çözünmeye uğramaktadır (Neel vd., 2016; Görken vd., 2013; Uysal, 2018).

Çürük gelişimi, aşamalı olarak ilerleyen bir süreçtir ve bu süreç, diş yüzeylerinin uzun süreli olarak kritik pH eşiğinin altındaki asidik koşullara maruz kalmasıyla karakterizedir. Bu durum, öncelikle mine yüzeyinde çözünmenin başladığı demineralizasyon (yaklaşık pH 5,5) evresi ile zaman zaman dental plağın dinlenme pH seviyelerine (yaklaşık pH 7,0) dönerek remineralizasyonun gerçekleştiği periyotlarla dengelenmeye çalışılır. Şekil 2-5'te, pH 5,5'in altında başlayan demineralizasyon ve pH 7,0 düzeyinde gerçekleşen remineralizasyon döngüsü şematik olarak sunulmuştur. Retantif bölgelerde plak birikiminin artması, rafine karbonhidratlardan zengin bir diyet ve sık aralıklarla karbonhidrat tüketimi, bu dinamik dengeyi remineralizasyon aleyhine bozarak, klinik olarak gözlemlenebilen beyaz nokta lezyonlarının ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır (Fejerskov vd., 2008; Hicks vd., 2004).



Şekil 2.5: Demineralizasyon-Remineralizasyon Siklusu(ten Cate & Buzalaf, 2019).

Ağız boşluğu, demineralizasyon ve remineralizasyon döngüsünün devamlı meydana geldiği dinamik bir ortamdır. Bu iki sürecin arasındaki denge, diş dokusunun sertliği ve yapısal bütünlüğü açısından kritik rol oynamaktadır. Demineralizasyon, oral mikrobiyota, beslenme alışkanlıkları ve tükürük bileşenleri arasındaki kimyasal etkileşimlerden kaynaklanmaktadır. Ağız ortamında pH düzeyinin azalması, demineralizasyon sürecini tetiklemekte; bu durum, diş sert dokularındaki mineral içeriğe bağlı olarak ağız ortamının mineral iyonları açısından kısmi doygunluk kazanmasına yol açmaktadır. pH düzeyindeki azalma, karbonhidratların varlığı ve dental plak içerisindeki mikroorganizmalar tarafından üretilen organik asitlerin etkisiyle ilişkilidir. Demineralizasyon sürecinin uzun süreli devam etmesi durumunda, diş dokusunda belirgin mineral kaybı oluşmakta; bu da mine dokusunun bozulması ve kavite gelişimi gibi çürüğe özgü patolojik bulgularla sonuçlanmaktadır. Bu çözünme süreci, ağız ortamındaki pH değeri fizyolojik düzeye ulaşana dek devam etmektedir. pH'nın yeniden yükselmesiyle birlikte, çözünme süreci tersine dönmekte ve oluşan ortam, organik asitlerin etkisine karşı daha dirençli diş yapısı oluşmaktadır. Bu süreçte, kristaller birbirleriyle birleşerek altıgen yapı gösteren daha büyük kristal formasyonları meydana getirmektedir (Kamath vd., 2017; Rao & Malhotra, 2011).

2.4 REMİNERALİZASYON

1970’li yılların ortalarından itibaren diş hekimliği alanında remineralizasyon kavramı üzerine ilgi artmaya başlamıştır. Karyojenik bakterilerin karbonhidratları fermente etmesi sonucunda, asit üretimine bağlı olarak mine dokusunda aralıklı demineralizasyon evreleri meydana gelmektedir. Bu epizotları izleyen, plak pH’sının dinlenme düzeyine döndüğü zaman aralıkları ise remineralizasyonun gerçekleşebileceği uygun koşulları oluşturmaktadır. Bu süreç, çözülmüş formdaki kalsiyum, fosfat ve florür iyonlarının varlığıyla, çürüğe karşı daha hassas mineral fazların hidroksiapatit (HAp) ve/veya fluoroapatit (FHAp) gibi daha stabil ve asit direnci yüksek kristal yapılara dönüşümünü kapsamaktadır. Lezyonun onarımı ya da iyileşmesi, mevcut hasarlı kristal yapıların üzerine mineral birikimi yoluyla kristal büyümesi şeklinde ya da çekirdeklenme süreciyle yeni kristallerin oluşumu (de novo kristalizasyon) aracılığıyla gerçekleşebilmektedir. Oluşan kristaller, özgün kristallerle benzer boyutta olabileceği gibi, daha büyük ve belirgin yapılar hâlini de alabilmektedir. Kristallerin daha sık yerleşmesi ile organik matriksin kaybı, mine dokusunun asidik ortamda iyon geçişine karşı geçirgenliğini azaltarak, çürüğe karşı direncin artmasını sağlamaktadır. Mine dokusunda fluoroapatit (FHAp) formundaki florür içeriğinin artışı, demineralizasyonun şiddetini azaltmakta ve remineralizasyon sürecinde mineralin yeniden çökmesini teşvik etmektedir (Hicks vd., 2004).

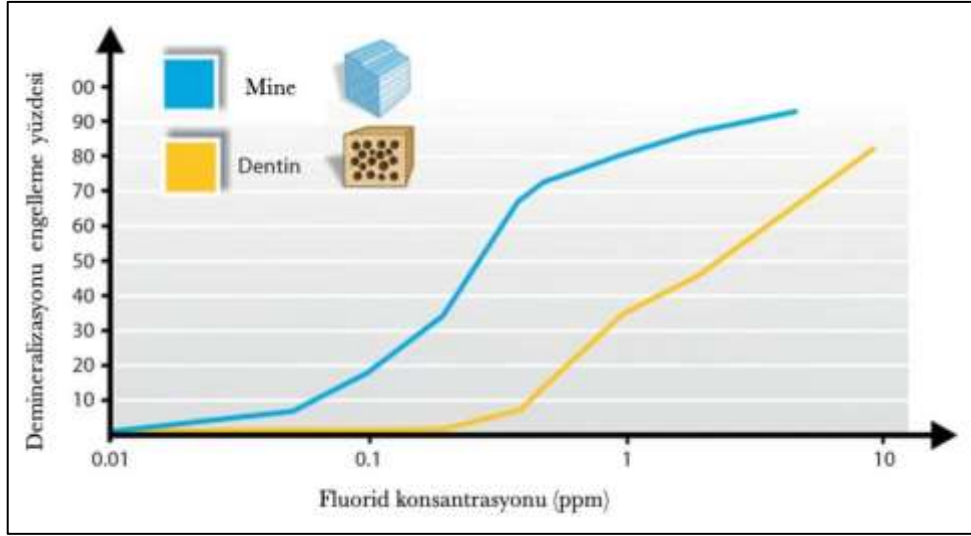
Diş sürmesinden sonra devam eden olgunlaşma sürecine ek olarak, remineralizasyonun devamı; çürük lezyonlarının yüzey bölgesinde florür birikiminin artmasıyla kendini göstermektedir. Yapılan gözlemler, komşu sağlıklı mine dokusuna kıyasla lezyonun yüzey kısmı ve yüzeysel gövdesinin belirgin şekilde daha yüksek flor konsantrasyonu içerdiğini ortaya koymuştur. Demineralizasyon ve remineralizasyon evreleri boyunca, mine lezyonlarının florür iyonlarını kısmen demineralize olmuş hidroksiapatit (HAp) kristalleri üzerine adsorbe ettiği ya da remineralizasyon süreci sırasında fluoroapatit (FHAp) birikiminin yeniden oluştuğu gözlemlenmektedir. Bu durum, mine yüzeyi genelinde asidik etkilere karşı artmış bir direnç gelişmesine ve mineral çözünmesinin başlaması için gerekli olan kritik pH değerinde bir düşüşe neden olmaktadır (Hicks vd., 2004; Ten Cate, 2013).

Remineralizasyon süreci, yakın bir zaman diliminde asitle zarar görmüş mine dokusunun hızlı bir şekilde onarılması kadar basit bir mekanizma ile gerçekleşebilir ve bu süreç,

herhangi bir klinik belirti ortaya çıkmadan önce de meydana gelebilir. Ancak, klinik olarak gözlemlenebilen beyaz nokta lezyonlarının gerilemesi, daha uzun süreli ve sürekli mineral birikimi gerektirmektedir.

Remineralizasyonun etkinliği ile mevcut hasarın ilerleyip ilerlemeyeceği ya da klinik olarak saptanabilir bir lezyona dönüşüp dönüşmeyeceği; dental plak ve tükürükteki biyolojik faktörler, mine dokusunun bileşimi, bireyin ağız hijyeni düzeyi, beslenme alışkanlıkları ve florür gibi koruyucu ajanlara maruz kalma miktarı ile ilişkilidir. Son yıllarda, çeşitli kalsiyum, fosfat ve florür bileşenlerini içeren remineralizasyon ya da kalsifikasyon sağlayıcı ajanlar geliştirilmiş; bu ajanların hem yapay olarak oluşturulan mine çürüklerine hem de doğal çürük lezyonlarına etkileri in vitro ve in vivo koşullarda kapsamlı şekilde incelenmektedir (Hicks vd., 2004; Quock, 2015; Roopa vd., 2015).

Mine dokusunun remineralizasyon süreci, dentinin remineralizasyonundan daha farklı gerçekleşmektedir. Mine remineralizasyonunda, demineralize olmuş alanlar yeniden mineral kazanmakta ve bu sayede, önceden var olan doğal mineye oranla asidik saldırılara karşı daha yüksek direnç göstermektedir (Cao vd., 2014). Dentin dokusunun remineralizasyonu, yeniden mineralize olmuş bir kolajen matrisinin oluşumunu ve dentin tübüllerini tıkayarak pulpa-dentin kompleksinin korunmasına katkı sağlayan hidroksiapatit (HAp) kristallerinin oluşumunu kapsamaktadır (Ning vd., 2012). Klinik ve laboratuvar koşullarında karşılaştırıldığında, dentin dokusunun remineralizasyonu, minenin remineralizasyonuna kıyasla daha zordur (Nimbeni vd., 2021). Dentin dokusundaki demineralizasyonun önlenmesi, mineye kıyasla daha yüksek florür konsantrasyonu gerektirmektedir. Şekil 2-6'da farklı florid konsantrasyonlarının mine ve dentin demineralizasyonunu engelleme oranları verilmiştir.



Şekil 2.6: Farklı Fluorid Konsantrasyonlarının Mine ve Dentin Demineralizasyonunu Engelleme Oranı (Buzalaf vd., 2011).

Uygun koşullar altında, kolajen fibrilleri arasındaki intrafibriller ve ektrafibriller mineralin yeniden oluşumu, demineralize dentin dokusunun tam mekanik bütünlüğünün geri kazanılmasına olanak tanımaktadır. Bu durum, doğal dentin dokusuna benzer yapısal ve fonksiyonel özelliklerin yeniden kazanılmasını sağlayarak başarılı remineralizasyonun varlığına işaret etmektedir. Bu süreçte, kolajen fibriller yeniden biriken mineral ile desteklenmekte ve bu durum, uygulanan mekanik yüklerin ektrafibriller olarak mineral yapılar üzerine etkin şekilde iletilmesini kolaylaştırmaktadır. Hidrasyon koşullarında mekanik özelliklerini yeniden kazanabilen remineralize dentin dokusu, mineral kristallerinin kolajen matriksle güçlü bir yapısal etkileşim içinde bulunduğunu ya da kimyasal bağlarla bağlı bulunduğunu göstermektedir (Bertassoni vd., 2009).

2.5 DENTİN REMİNERALİZASYONUNDA KULLANILAN AJANLAR

2.5.1 Fluorid Ajanları

Florür, günümüzde en sık başvurulanan remineralizasyon ajanlarından biridir. Uzun yıllara dayanan bilimsel veriler, florürün diş çürüklerinin önlenmesinde etkinliğini açıkça ortaya koymaktadır. Mine dokusu asidik saldırıya maruz kaldığında, pH yükselmeye başlayarak çevresindeki florür varlığı ile çözünme sürecini engellemektedir. Artan pH düzeyleri, fluoroapatit (FHAp) içeriğine sahip daha büyük ve stabil kristallerin oluşumunu teşvik ederek demineralizasyonu sınırlamakta ve remineralizasyon mekanizmasını desteklemektedir.

Fluorid mine üzerine çeşitli şekillerde etki etmektedir. İlk mekanizma olarak, fluoroapatit kristalleri hidroksiapatit kristallerine göre asit atakları karşısında daha fazla dirence sahiptir. İkinci mekanizma ise, florürün kalsiyum ve fosfat iyonlarıyla etkileşerek yeni fluoroapatit (FHAp) kristallerinin oluşumunu hızlandırması ve bu yolla remineralizasyon sürecini etkin biçimde desteklemesidir. Florür iyonu (F^-), bakteriyel bir enzim olan enolazı inhibe ederek glikolitik yolda önemli bir ara ürün olan fosfoenolpirüvatın (PEP) sentezine engel olur. PEP, birçok bakteride hem enerji kaynağı hem de şeker alımı için gerekli olan fosfatın temel aracıdır. Bu da mikroorganizmaların metabolik aktivitelerini baskılamakta ve dolayısıyla asit üretimini inhibe ederek çürük oluşumunu engellemektedir. Buna ek olarak florid, oral sert dokular, ağız mukozası ve dental plak üzerinde tutunarak demineralizasyonu engellemekte ve remineralizasyon sürecini teşvik etmektedir. Diş yüzeyinde biriken florür konsantrasyonu, çürük oluşumu ve erozyona karşı direncini artırmaktadır (A. Anil, Ibraheem, Meshni, Preethanath, Anil, vd., 2022; Lena Sezici vd., 2021; Lynch vd., 2004; Soi vd., 2013).

Florür iyonunun (F^-) 10–100 ppm düzeylerinde bulunması, dental plakta yer alan bakterilerin asit üretimini önemli ölçüde inhibe etmektedir. Bu konsantrasyonlar, reçeteli florür preparatları aracılığıyla kolaylıkla sağlanabilmektedir. Asidik pH koşullarında (5.5 ve altı), çok daha düşük florür seviyelerinin (1–5 ppm) oral streptokokların büyümesini baskılayabildiği saptanmıştır. Bu düzeylerde florür, özellikle florürlü içme suyu tüketen bireylerin ya da düzenli florürlü diş macunu kullananların plaklarında tespit edilebilmektedir (Soi vd., 2013).

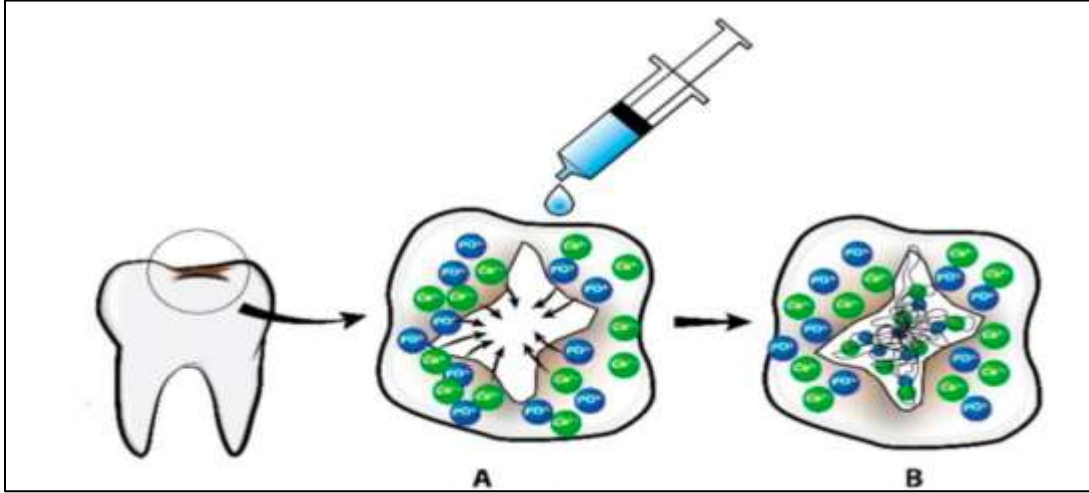
2.5.2 Biyoaktif Cam (Novamin)

Biyoaktif camlar, sodyum, kalsiyum, fosfor ve silika elementlerini içeren, inorganik ve çok bileşenli bir yapıya sahiptir. Kimyasal olarak kalsiyum sodyum fosfosilikat şeklinde tanımlanan bu bileşik, su, tükürük ya da diğer vücut sıvılarıyla temas ettiğinde hidroksikarbonat apatit (HCA) kristallerinin oluşumunu teşvik ederek biyolojik sistemlerle etkileşime geçme özelliği göstermektedir. Biyoaktif camın pulpa hücreleri üzerinde düşük düzeyde sitotoksiteye sahip olduğu bildirilmektedir. Bununla birlikte, mine ve dentinde remineralizasyonu destekleyici etkiler göstermektedir. Ayrıca, oral mikrobiyotada yer alan bakterilere karşı antimikrobiyal etkinliğe sahip olduğu kanıtlanmıştır. İçerdiği fonksiyonel gruplar sayesinde fizyolojik ortamda asidik koşulları nötralize edebilme ve çevreden

kalsiyum iyonlarını absorbe edebilme kapasitesi göstermektedir. Biyomimetik mineralizasyon potansiyeli sayesinde, etkili bir remineralizasyon ajanı olarak dikkat çekmektedir. Biyoaktif cam ve kalsiyum sodyum fosfosilikat bileşenlerini içeren ticari bir ürün olan NovaMin® (NovaMin Tech. Inc., Florida, ABD), *Streptococcus mutans* ve *Streptococcus sanguis* gibi mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etki göstermektedir. Bunun yanı sıra, diş sert dokularının remineralizasyon sürecini destekleyici özelliklere sahiptir. Açık dentin tübüllerini tıkayarak ve biyolojik apatitle kimyasal ve yapısal olarak eşdeğer özellikler gösteren hidroksikarbonat apatit (HCA) oluşumunu desteklemek üzere uygun oranlarda kalsiyum (Ca^{2+}) ve fosfat (PO_4^{3-}) iyonları sağlayarak dentin hassasiyetinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır (A. Anil, Ibraheem, Meshni, Preethanath, Anil, vd., 2022; Burwell, 2010; Kulal vd., 2016).

2.5.3 Kendiliğinden Birleşen Peptidler

Çürük lezyonlarının remineralizasyonuna yönelik güncel yaklaşımlardan biri, kendiliğinden birleşme özelliğine sahip P11-4 peptidinin uygulanmasıdır. P11-4 içeren solüsyon lezyon bölgesine uygulandığında, peptid molekülleri lezyon içerisine difüze olur ve sonrasında kendiliğinden organize olup birleşerek üç boyutlu fibril yapısında bir doku iskelesi meydana getirmektedir. Bu fibriler matriks, tükürükte bulunan kalsiyum (Ca^{2+}) ve fosfat (PO_4^{3-}) iyonlarının bağlanması ile hidroksiapatit kristallerinin oluşumunu desteklemektedir (Brunton vd., 2013). P11-4'ün çürük lezyonları üzerindeki etki mekanizması Şekil 2-7'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.7: P11-4'ün Çürük Lezyonları Üzerindeki Etki Mekanizması (A) Lezyon Çevresinde Bulunan Kalsiyum Hidroksiapatit Kristallerinin, Peptid Molekülleri ile Etkileşime Geçmek Üzere Lezyonun İç Bölgesine Doğru Yönelmesi; (B) Üç Boyutlu Fibriler Doku İskelesi İçinde Oluşan Yeni Hidroksiapatit Kristalleri (Dawasaz vd., 2022).

2.5.4 Nanohidroksiapatit (nHAp)

Nano-hidroksiapatit (nHAp), son yıllarda çeşitli koruyucu, terapötik ve rejeneratif uygulamalarda geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Hidroksiapatit (HAp), periodontal kemik rejenerasyonu, doku mühendisliği, dentin aşırı hassasiyetinin yönetimi ve remineralizasyon amacıyla tercih edilen biyouyumlu bir mineral olarak öne çıkmaktadır. Diş minesi, yaklaşık 20–40 nanometre boyutlarındaki hidroksiapatit (HAp) kristallerinden meydana gelmektedir. Hidroksiapatitin nanometre ölçeğinde parçacık boyutuna sahip formu olan nano-hidroksiapatit (nHAp) biyouyumluluk ve biyoaktivite açısından daha üstün nitelikler sergilemektedir. Bununla birlikte, daha küçük parçacık boyutlarına bağlı olarak artan yüzey alanı, nano-hidroksiapatitlerin geleneksel apatitlere kıyasla mine yüzeyine daha yüksek afinite ve uyum kapasitesine sahip oldukları saptanmıştır. Mine yüzeyine tutunan nano-hidroksiapatit (nHAp) partiküllerinin asidik ortamlara karşı dirençli olduğu ve bu özelliği sayesinde mine dokusunu demineralizasyona karşı koruyabildiği gösterilmiştir. Yapılan çalışmalar, nHAp'ın yapay çürük lezyonları üzerinde remineralizasyon sağlayıcı etkisi bulunduğunu ve yeni bir mine tabakası oluşumunu desteklediğini ortaya koymuştur (A. Anil, Ibraheem, Meshni, Preethanath, & Anil, 2022; Verma & Muthuswamy Pandian, 2021).

Yirmisekiz çalışmanın değerlendirildiği sistematik bir derlemenin bulguları, nano-hidroksiapatitin (nHAp) diş macunlarında kullanıldığında başlangıç düzeyindeki çürük lezyonlarının remineralizasyonunu desteklediğini, dentin demineralizasyonunu azalttığını

ve ayrıca beyaz nokta lezyonları ile dentin hassasiyetinin azaltılmasında etkili olduğunu ortaya koymuştur (A. Anil, Ibraheem, Meshni, Preethanath, & Anil, 2022).

2.5.5 Bitkisel Kaynaklı Remineralizasyon Ajanları

2.5.5.1 Üzüm çekirdeği ekstresi (Polifenoller)

Polifenoller, antioksidan ve antiinflamatuvar özellikler taşıyan bileşiklerdir (Ferrazzano vd., 2011; Wu, 2009; Q. Xie vd., 2008). Polifenol grubu içerisinde yer alan proantosiyanit, üzüm çekirdeği ekstresinden yüksek oranlarda elde edilebilen bir bileşiktir. Proantosiyanit, glikozil transferaz ve amilazı inhibe etme özelliğine sahiptir. Glikozil transferaz enziminin inhibisyonu sonucunda *Streptococcus mutans* tarafından glukun sentezi gerçekleşmemekte, bu da bakterilerin diş yüzeyine tutunmasını ve biyofilm oluşumunu engelleyerek çürük oluşumunun önlenmesine katkı sağlamaktadır (Wu, 2009; Q. Xie vd., 2008).

2.5.5.2 Teobromin

Kakaodan elde edilen metilksantin grubu alkaloidlerden biri olan teobromin, apatit oluşumunu destekleyerek remineralizasyonu artırmaktadır. Yapılan çalışmalar, bu etkisinin florür ile karşılaştırılabilir düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır. Teobrominin, diş minesinde bulunan apatit kristallerinin çözünmeye karşı direncini artırdığı ve aynı zamanda mine yüzeyinde kristal oluşumunu teşvik ettiği bildirilmektedir (Amaechi vd., 2013).

Teobromin içeren diş macunlarının bir haftalık kullanımının, dentin tübüllerini tıkama yeteneğine sahip olduğu belirlenmiştir (Amaechi vd., 2015). Demineralize dentine teobromin uygulamasının, gerek 5 dakika gibi kısa süreli gerekse 1 ay gibi uzun süreli kullanım sonrasında, remineralizasyon düzeyinde ve mikrosertlik değerlerinde anlamlı artışlara yol açtığı tespit edilmiştir (Elmalawany vd., 2023).

2.5.5.3 Kitosan

Kitinin deasetilasyonu ile elde edilen doğal bir polimer olan kitosan, bakterisidal ve/veya bakteriyostatik etkileri sayesinde diş çürüklerinin önlenmesine yönelik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. İnsan bağışıklık sistemi açısından osteokondüktif özellik gösteren, biyolojik olarak parçalanabilir nitelikte ve toksisite içermeyen bir materyaldir. Diş hekimliği alanında; çürüklerin önlenmesi, diş ve ortopedik implantların osseointegrasyonunu destekleyen biyoaktif kaplamaların geliştirilmesi ve yara iyileşme süreçlerinin

hızlandırılması amacıyla, çeşitli patojenik bakterilere karşı sahip olduğu bakterisidal ve/veya bakteriyostatik etkileri nedeniyle kullanılmaktadır. Kitosan, düşük maliyeti, biyolojik olarak parçalanabilirliği, biyouyumluluğu ve antiinflamatuvar etkileri ile dikkat çeken lineer bir polisakkarittir ve diş çürüğünü önlemektedir. Asidik koşullarda, yapısındaki amino gruplar hidrojen iyonlarını bağlayarak pozitif bir yük kazanır; bu durum, negatif yüke sahip hücre zarları, yumuşak dokular ve diş minesini gibi yüzeylere karşı biyoyapışkanlık özelliğini artırmaktadır. Kitosan, biyouyumluluğu ve sahip olduğu fonksiyonel özellikler sayesinde, biyomateryal alanında geniş bir uygulama yelpazesine sahip olma potansiyeli taşımaktadır (Arnaud vd., 2010; Muşat vd., 2021; Zaharia vd., 2017).

2.5.6 Trikalsiyum Silikat (TKS)

Trikalsiyum silikat, biyoaktif bir materyal olarak diş sert dokuları üzerinde apatit oluşumunu destekleme yeteneğine sahiptir. Bu özelliği sayesinde, demineralizasyonun önlenmesi ve remineralizasyonun teşvik edilmesine yönelik çeşitli çalışmalarda araştırma konusu olmuştur (Neelakantan vd., 2019; Y. Wang vd., 2012).

Trikalsiyum silikat ve 1000 ppm florür içeren iki farklı ürünün demineralizasyon üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada, trikalsiyum silikatın florür ile benzer etki mekanizmaları gösterdiği bildirilmiş; bu nedenle hem demineralizasyonu önleme hem de remineralizasyonu destekleme amacıyla potansiyel bir ajan olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir (Y. Wang vd., 2012). Dong ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği bir diğer çalışmada, trikalsiyum silikatın mine yüzeyinde kalsiyum-fosfat (Ca-P) çökmesini teşvik ederek apatit oluşumunu desteklediği gösterilmiştir. Bu bulgu, söz konusu maddenin mine dokusunun korunması ve yeniden yapılandırılmasında kullanılabilecek potansiyel bir ajan olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca aynı çalışmada, trikalsiyum silikatın dentin hassasiyetini azaltmada da etkili bir materyal olduğu vurgulanmıştır (Dong vd., 2011).

2.5.7 Gümüş Diamin Florür (GDF)

Gümüş iyonlarının geniş spektrumlu antimikrobiyal etkisi uzun süredir bilinmektedir. Ayrıca, insan hücreleriyle yüksek biyouyumluluk göstermesi, düşük toksisiteli olması, kontrollü iyon salımıyla uzun süreli antimikrobiyal etki sağlayabilmesi ve bakteriyel direnç

gelişiminin sınırlı olması gibi pek çok avantaja da sahiptir (Kim vd., 2007; Percival vd., 2005).

Antimikrobiyal özellikleri nedeniyle gümüş, 19. yüzyıldan itibaren diş hekimliği ve tıp alanlarında kullanılmaya başlanmış olup, günümüzde de bu alanlardaki uygulaması devam etmektedir. Gümüş bileşikleri, başlangıçta süt dişlerinde çürük insidansını azaltmak amacıyla gümüş nitrat formunda kullanılmaya başlanmıştır. Sürekli dişlerde ise, çürük oluşumunu önleyici bir ajan olarak, kavite dezenfektanı şeklinde ve dentin hassasiyetini azaltmak amacıyla çeşitli endikasyonlarda kullanım alanı bulmuştur. Gümüş (Ag), düşük pH koşullarında demineralizasyonu azaltma ve remineralizasyonu artırması sayesinde, çeşitli remineralizasyon çalışmalarında araştırma materyali olarak kullanılmıştır (Peng vd., 2012; Savaş & Küçükyılmaz, 2015).

Gümüş iyonları (Ag^+), hücre zarını geçerek mikroorganizmaların fizyolojik işlevlerini ve DNA sentezini bozmak suretiyle bakterisit etki göstermektedir. Ayrıca, bakteriyel enzimlerin işlevi için kritik öneme sahip sistein amino asidinin tiyol gruplarına bağlanarak enzimatik aktiviteleri inhibe etmekte; bu durum, hücresel metabolizma üzerinde bozulmalara yol açarak bakterisit etkinin oluşmasına katkı sağlamaktadır. Tiyol gruplarının oksidasyonuna neden olarak dental plak içerisinde asit üretimini azaltmakta, ayrıca guanin bazına bağlanarak DNA sentezini inhibe etmektedir (Karahan & Eliaçık, 2021; Woo vd., 2008).

Gümüş diamin florürün (GDF) çürük lezyonlarını durdurmadaki etkisi, içerdiği gümüş ve florür iyonlarının sinerjistik etkileşimiyle açıklanmaktadır (Mei vd., 2018).

2.5.7.1 Tarihçe

Gümüş diamin florür (GDF), ilk olarak 1969 yılında Japonya'da, Osaka Üniversitesi'nde Mizuho Nishino'nun doktora çalışması kapsamında araştırılmıştır. Nishino, gümüşün belirgin antimikrobiyal etkilerini yüksek konsantrasyondaki florürün koruyucu etkileriyle birleştirmeyi amaçlamıştır. Geliştirilen bu formülasyon, aynı zamanda dentin tübüllerini tıkayarak dentin hassasiyetinin azaltılmasına katkı sağlayan bir ajan olarak da işlev görmüştür. Kısa süre içerisinde “diamin gümüş florür” formülasyonu, Japonya Sağlık ve Refah Bakanlığı Merkezi İlaç Konseyi tarafından kariyostatik bir ajan olarak resmi onay

almış ve Saforide (Toyo Seiyaku Kasei Co. Ltd., Osaka, Japonya) ticari ismiyle pazara sunulmuştur (Sarvas vd., 2020).

Gümüş diamin florürün (GDF) alternatif bir diş tedavisi yöntemi olarak değerlendirildiği in vivo ve in vitro çalışmalar, ilk olarak ağız ve diş sağlığı hizmetlerine erişimin son derece kısıtlı olduğu gelişmekte olan ülkelerdeki toplum ağız sağlığı araştırmacıları tarafından ortaya konmuştur. Bu düzeydeki toplum temelli çalışmaların büyük bir kısmı Arjantin, Brezilya, Çin, Küba, Japonya ve Nepal'de gerçekleştirilmiştir. (Gao vd., 2016).

Gümüş diamin florür (GDF), Ağustos 2014 tarihinde Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından Sınıf II kategorisinde tıbbi cihaz olarak onaylanmıştır. Dentin tübüllerini fiziksel olarak tıkama özelliği, gümüş diamin florürün (GDF) ilaçtan ziyade tıbbi cihaz olarak sınıflandırılmasına olanak tanımış ve bu durum onay sürecinin hızlandırılmasına zemin hazırlamıştır. Ekim 2016 tarihinde ise GDF, çocuklar ve yetişkinlerde çürük ilerlemesini durdurmadaki etkinliği temel alınarak FDA tarafından "çıgır açan tedavi" olarak ifade edilmiştir. Bu, ağız sağlığına yönelik bir tedavi için verilen bu nitelikteki ilk onay olmuştur (Sarvas vd., 2020).

Amerikan Çocuk Diş Hekimliği Akademisi (AAPD) tarafından ilk kez 2017 yılında yayımlanan ve en son güncellemesi 2023 yılında gerçekleştirilen, çocuk hastalarda Gümüş Diamin Florür (GDF) kullanımına yönelik bir kılavuz bulunmaktadır (American Academy of Pediatric Dentistry, 2019).

2.5.7.2 Kullanım alanları

Gümüş diamin florür (GDF) uygulamasının, geleneksel restoratif tedavilere kıyasla daha kolay uygulanabilir olması ve yüksek başarı oranı göstermesi, özellikle tedaviye erişimin sınırlı olduğu topluluklarda ve konvansiyonel tedavi yöntemlerinin uygulanmasının güç olduğu çocuk hastalarda önemli bir alternatif tedavi seçeneği olarak öne çıkmasını sağlamaktadır (Contreras vd., 2017).

Gümüş diamin florür (GDF), özellikle geleneksel restoratif tedavi uygulamaları için nonkoopere olan hastalarda, farmakolojik yöntemlerden olan derin sedasyon veya genel anestezi uygulamaktan kaçınmak için alternatif olarak değerlendirilmektedir. Klinik uygulamalarda, aproksimal alanlar dahil olmak üzere yeni başlamış çürük lezyonlarının

durdurulmasında, kök yüzeyi çürüklerinde, molar-insizör-hipomineralizasyon (MIH) vakalarında, indirekt pulpa tedavisinde ve tekrarlayan çürüklerin yönetiminde; özellikle tedaviye erişimin kısıtlı olduğu durumlarda etkin bir tedavi olarak uygulanabilmektedir (Burgess & Vaghela, 2018; Greenwall-Cohen vd., 2020).

GDF uygulaması sonrasında oluşan florohidroksiapatit, remineralizasyon sürecini desteklemekte; bu sayede dentin tübüllerinin çapı azalmakta ya da tamamen tıkanabilmektedir. Bu mekanizma, dentin aşırı hassasiyetinin azaltılmasına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Yapılan klinik çalışmalar, gümüş diamin florürün (GDF) topikal olarak uygulanmasının, aşırı hassasiyete sahip sürekli dişleri bulunan erişkin bireylerde ağrının bir hafta içerisinde belirgin şekilde azalmasına katkı sağladığını ortaya koymuştur (Zheng vd., 2022). Piovesan ve arkadaşları tarafından yürütülen sistematik bir derlemede, %38'lik gümüş diamin florürün (GDF), tek başına ya da başka tedavi yaklaşımlarıyla birlikte kullanıldığında dentin hassasiyeti vakalarında olumlu klinik sonuçlar verdiği bildirilmiş; güvenli ve etkili bir tedavi ajanı olarak değerlendirilebileceği vurgulanmıştır (Piovesan vd., 2023).

Endodontik tedavi sırasında kanal dezenfeksiyonu amacıyla kullanılmak üzere formüle edilmiş %3,8'lik gümüş diamin florür (GDF) solüsyonu şeklinde de piyasada (Saforide %3,8, Toyo Seiyaku Kasei Co. Ltd.) mevcuttur. Bu düşük konsantrasyonlu çözeltinin, %38'lik GDF solüsyonunun 1/10 oranında seyreltilmesiyle hazırlanabileceği belirtilmektedir. Üretici firmanın önerisine göre, uygulamanın 24 saatlik aralıklarla olmak üzere toplam üç kez tekrarlanması önerilmektedir (Mei, Lo, vd., 2016). Yapılan bir çalışmada, kök kanallarına 60 dakika süreyle %3,8'lik gümüş diamin florür (GDF) solüsyonu uygulanmasının, *Enterococcus faecalis* bakterisinin varlığında %100 oranında azalma sağladığı rapor edilmiştir (Hiraishi vd., 2010). Bu nedenle Gümüş diamin florürün (GDF), antimikrobiyal özellikleri nedeniyle kök kanal irrigasyonu ya da seanslar arası medikament olarak kullanımı önerilmektedir (Mei, Lo, vd., 2016).

Geriatrik hastalarda görülen kök çürüklerinin yönetimine yönelik yürütülen sistematik araştırma ve meta-analizlerde, %38'lik gümüş diamin florür (GDF) uygulamasının kök çürüklerinin ilerlemesini durdurduğu ve yeni lezyonların oluşumunu önlediği yönünde bulgulara ulaşılmıştır (Grandjean vd., 2021; Oliveira vd., 2018).

Geriatrik hastalarda gözlenen aktif kök çürüğü lezyonlarının gümüş diamin florür (GDF) ile tedavi edildiği bir vaka serisine dayanan çalışmada, GDF uygulamasının çürük ilerlemesini durdurmada yüksek başarı oranına sahip olduğu ve bu etkinliğin uzun süreli takiplerde de korunduğu bildirilmiştir. Bu bulgular doğrultusunda, özellikle huzurevlerinde kalan ya da yatağa bağımlı yaşayan özel bakım gerektiren geriatrik hastalar için GDF, etkili ve uygulanabilir bir tedavi seçeneği olarak önerilmektedir (Mitchell vd., 2021).

Doğru tanı ve uygun tedavi planlamasını takiben gerçekleştirilen GDF uygulamasının, özellikle pandemi koşullarında hem minimal invaziv yaklaşımlar hem de aerosol üretmeyen diş hekimliği uygulamaları açısından klinik olarak önemli bir yere sahip olduğu vurgulanmaktadır (Soni vd., 2021).

Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), küçük çocuklar ve hamile bireylerde genel anestezi ve sedasyon ajanlarının kullanımı konusunda çeşitli uyarılarda bulunmuştur. Özellikle, uygulanacak tedavi girişimlerinin hastalığın kendisinden daha yüksek risk oluşturduğu durumlarda, mevcut tedavi protokollerinin yeniden değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (U.S. Food and Drug Administration, 2017). Bu doğrultuda, FDA'nın genel anesteziye ilişkin risk uyarıları dikkate alındığında, Gümüş Diamin Florür (GDF), klinik olarak uygun vakalarda alternatif bir tedavi seçeneği olarak göz önünde bulundurulmalıdır.

2.5.7.3 Etki mekanizması

Gümüş diamin florürün (GDF) çürük önleyici etkinliği pek çok çalışma ile ortaya konmuştur ama bu etkinin tam olarak hangi mekanizmalar üzerinden gerçekleştiği henüz net olarak açıklığa kavuşmamıştır. Literatürde yer alan araştırmalarda GDF'nin başlıca dört etki mekanizması belirtilmektedir. Bunlar, bakterisidal etkiler göstererek dental plak biyofilminde bozulma, dişin mineral içeriğini destekleme, dentin tübüllerinin geçirgenliğini azaltma, dentinde kolajen yıkımından sorumlu proteolitik enzimler olan matriks metalloproteinazlar (MMP'ler) ve katepsinler üzerinde inhibitör etki göstermek şeklindedir (Seifo vd., 2020).

Çürük esas olarak dentin tübülleri boyunca ilerlemektedir. Gümüş diamin florür (GDF), içerdiği gümüş iyonları ve bileşikleri sayesinde dentin tübüllerini fiziksel olarak tıkayarak

bu ilerleyişı engellemektedir. Bu tıkalıcı özellik, asidik maddelerin tübüller aracılığıyla diffüze olmasını ve mikroorganizmaların derin dokulara ilerlemesini sınırlayabilmektedir. Gümüşün oligodinamik etkisi nedeniyle dentin tübülleri boyunca ilerleyen mikroorganizmaların proliferasyonu inhibe edilmektedir. Ayrıca, GDF'nin dentin tübüllerini tıkaması sonucunda, çürüğün yayılabileceği dentin yüzey alanı azalmakta olduğu ve dentinin en rahat demineralizasyona uğrayan bölgesi olan peritübüler alanın gümüş partikülleriyle kaplandığı belirtilmiştir. Bu mekanizmalar, dentin tübüllerinin tıkanması yoluyla sekonder çürüklerin gelişimine karşı koruyucu bir etki oluşturmaktadır. (M.; J. V.; A. N. Jain, 2018; Mei vd., 2014; Yamaga vd., 1972).

%38'lik gümüş diamin florür (GDF) uygulamasının, demineralizasyonu önlediği ve demineralize dentin yapısındaki kolajeni koruduğu gösterilmiştir. GDF'nin, kolajen yıkımında önemli rol oynayan matriks metalloproteinazlar (özellikle MMP-2, MMP-8 ve MMP-9) üzerinde inhibitör etkiler gösterdiği bildirilmektedir. Dentin kolajeninin degradasyonunda görev alan proteolitik enzimlerden sistein katepsinlerinin enzimatik aktiviteleri de GDF tarafından baskılanmaktadır.

Gümüş diamin florürün (GDF) etkisine ilişkin bir diğer mekanizma, dişin mineral bileşenleriyle etkileşime girerek oluşan reaksiyon ürünlerinin karyostatik özellik göstermesidir. Dentine uygulandığında, GDF içerisinde bulunan florür iyonlarının yaklaşık 50–100 µ (mikrometre) derinliğe kadar nüfuz edebildiği bildirilmiştir. GDF $[Ag(NH_3)_2F]$ bileşiği, dişin temel inorganik yapısı olan hidroksiapatit $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$ ile reaksiyona girerek, çürük oluşumunu engellemekte ve remineralizasyonun desteklenmesinde etkili olan kalsiyum florür (CaF_2) ve gümüş fosfat (Ag_3PO_4) gibi bileşikler açığa çıkarmaktadır (Shah vd., 2014).

Diş yüzeyinde oluşan Gümüş fosfat (Ag_3PO_4), asidik saldırılara karşı direnç göstererek çözünmeden yapısını korumaktadır. Gümüş diamin florür uygulaması sonucunda açığa çıkan bir diğer reaksiyon ürünü olan kalsiyum florür (CaF_2) ise, florapatit $[Ca_{10}(PO_4)_6F_2]$ oluşumunda florür kaynağı görevi görmekte; bu sayede HAp'ın kristallliğini güçlendirmektedir (Shah vd., 2014).

Gümüş diamin florürün (GDF), sodyum florür-fosfat, kalay florür ve sodyum florür ile karşılaştırıldığında yaklaşık 2 ila 3 kat daha fazla florür tutulumuna sahip olduğu

gösterilmiştir. Bu bulgu doğrultusunda, GDF'nin florür tutulum etkinliği açısından SnF_2 (kalay florür) ve NaF (sodyum florür)'e kıyasla daha üstün olduğu ifade edilmektedir (Rosenblatt vd., 2009).

Gümüş diamin florürün (GDF) antimikrobiyal etkisi, düşük konsantrasyonlarda dahi uzun süre devam eden bir etkinliğe sahiptir. Bu uzun etki, literatürde “zombi etkisi” olarak tanımlanan bir mekanizmayla ilişkilendirilmektedir; bu mekanizmada, gümüş ile etkileşime girerek ölen mikroorganizmaların Ag iyonlarını depolayan birer rezervuar gibi davranarak çevredeki canlı hücreleri de etkilemeye devam ettiği bildirilmektedir (Singh vd., 2022; Wakshlak vd., 2015). Gümüş iyonları tarafından öldürülen bakteriler, aynı türün hayatta kalan popülasyonuna karşı belirgin bir biyosidal etki göstermeye devam etmektedir. Bu etki, metal kaynaklı biyosidal etkinin iki temel özelliğine dayanmaktadır: ilk olarak, metalik türler mikrobiyal direnç mekanizmalarıyla etkisiz hâle getirilememekte ve bu sayede biyosidal etkilerini tekrar eden biçimde sürdürebilmektedir. İkinci olarak ise, ölen bakteriler çevredeki canlı mikroorganizmalar üzerinde etkili olacak metalik katyonların salınımı için sürekli bir rezervuar işlevi görerek biyosidal etkinin uzamasına katkıda bulunmaktadır (Wakshlak vd., 2015).

Derin çürük lezyonlarına komşu dentin tübüllerinde bakteri bulunması normal iken derin çürük lezyonuna komşu dentin tübüllerinde hiçbir bakteri görülmemesinin GDF'nin zombi etkisinin sonucunda geliştiği bildirilmiştir (Bimstein & Damm, 2018).

GDF'nin etkilerinden her birinin, gümüş ya da florür bileşenlerinden hangisine özgü olarak ortaya çıktığı hâlâ net olarak belirlenememiştir (Hu vd., 2018). Ancak GDF'nin klinik başarısının, yalnızca topikal florür uygulamalarına kıyasla daha yüksek bulunduğu bildirilmesi, bu materyalin antikaryojenik etkisinde gümüş iyonlarının antimikrobiyal özelliklerinin belirgin katkısı olduğunu düşündürmektedir (Lansdown, 2006).

2.5.7.4 Toksisite

10 kg vücut ağırlığına karşılık bir damlalık dozajın uygulanması durumunda, gümüş diamin florürün (GDF) geniş bir güvenlik marjına sahip olduğu belirtilmektedir (J. D. B. Featherstone, 2000). Lezyonun büyüklüğü ve lokalizasyonuna bağlı olarak, bir damla gümüş diamin florür (GDF) solüsyonunun ortalama olarak altı dişin tedavisinde yeterli olabileceği bildirilmektedir. Gümüş diamin florür (GDF) uygulamasında, 10 kg vücut ağırlığı başına

haftada en fazla bir damlalık solüsyonun uygulanması güvenli doz sınırları içerisinde değerlendirilmektedir. Haftada birden fazla uygulanmamalıdır. Florür için bildirilen olası toksik doz 5 mg/kg'dir (Buzalaf vd., 2011).

1 damla GDF çözeltisi 2,24 mg flor içeriğine sahiptir. %5 florid vernikte ise 11,3 mg flor mevcuttur. Bir damla Gümüş Diamin Florür (GDF) ve %5 florür verniği birlikte toplamda 13,54 mg florür içermektedir. Bu miktar göz önünde bulundurulduğuna ikisi aynı gün toksik dozu aşmadan güvenli şekilde uygulanabilmektedir (Crystal & Niederman, 2016).

2.5.7.5 Uygulama sıklığı

Klinik bulgular, çürüğün ilerlemesinin durdurulması ve lezyonun stabilizasyonunun sürdürülmesi amacıyla, GDF uygulamasının yılda bir veya iki kez olacak şekilde diş iyileşene ya da doğal olarak eksfoliye olana kadar tekrarlanmasını desteklemektedir. GDF uygulama sıklığı, çürük lezyonunun boyutu, lokalizasyonu ve hastanın bireysel çürük riski göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir. Kaviteli çürük lezyonlarında uygulama genellikle 2–4 haftada bir önerilirken, erken dönem çürüklerde altı ayda bir tekrarlanması yeterli olabilmektedir (Horst vd., 2016).

Restoratif tedavi sonrasında lezyonun klinik olarak parlak, sert ve asemptomatik bir görünüme ulaşması durumunda, GDF uygulamasının tekrarlanmasına gerek duyulmamaktadır (Pradeepika Liyana Arachchige vd., 2021).

2.5.7.6 Olası sorunlar

Gümüş diamin florür (GDF) genel olarak güvenli bir ajan olarak kabul edilmekle birlikte, kullanımını takiben bazı yan etkiler veya istenmeyen durumlar gözlenebilmektedir. Bu olası etkiler arasında; gümüş alerjisi, yumuşak dokularla temas sonucunda oluşabilecek oral ülserasyonlar (bu nedenle uygulama sırasında yumuşak dokular vazelinle korunmalı ve doğrudan temas önlenmelidir), yumuşak dokularda geçici pigmentasyon (bu lekelerin 2 gün ile 2 hafta arasında kaybolabileceği hastaya ve/veya ebeveyne bildirilmelidir), amonyak içeriğine bağlı olarak dokularda iltihaplanmalar ve gingival inflamasyon, dil ile temas hâlinde yanma hissi ve metalik tat (bu his genellikle florür verniği ya da ksilitollü lolipoplarla kısa sürede kaybolur) yer almaktadır. Ayrıca, GDF aktif çürük lezyonlarında kalıcı renklenmeye neden olabilirken, sağlıklı diş dokusunda renk değişimi oluşturmaz. Estetik restoratif materyaller, özellikle kompozit dolgular ve kuronlar da geçici

renklenmelere maruz kalabilir; ancak bu renklenmelerin yüzeysel olduğu ve parlatma işlemiyle giderilebileceği bilinmektedir (M. Ahmad vd., 2022; Antonioni vd., 2019).

GDF uygulaması sonrasında aktif çürük lezyonlarında meydana gelen kalıcı renklenmenin neden olduğu estetik kaygılar, bu tedavi yönteminin ebeveynler ve çocuklar tarafından kabul edilebilirliğini değerlendiren çok sayıda çalışmaya konu olmuştur (Crystal, Janal, vd., 2017; Seifo vd., 2021; Wajahat vd., 2022). Crystal ve arkadaşları tarafından yapılan, GDF uygulamasına bağlı lekelenmenin ebeveynler tarafından kabul edilebilirliğini değerlendiren çalışmada, arka dişlerde meydana gelen renklenmelerin, ön dişlerde oluşanlara kıyasla ebeveynler tarafından daha tolere edilebilir bulunduğu bildirilmiştir. Ön dişlerde meydana gelen renklenmeler istenmeyen bir durum olarak değerlendirilse de ebeveynlerin büyük bir kısmı (%70–76), bu durumu sedasyon veya genel anestezi gibi ileri düzey davranış yönlendirme tekniklerine tercih etmiştir. Çocukların davranışsal uyumsuzluk seviyelerinin artmasıyla birlikte, ebeveynlerin GDF uygulamasına yönelik kabul oranlarının da yükseldiği; ayrıca ebeveynlerin bu tedavi seçeneğini kabul etme durumlarının sosyoekonomik durumlarına bağlı olarak farklılık gösterebildiği bildirilmiştir (Crystal, Janal, vd., 2017). Wajahat ve arkadaşlarının, çocuklardaki diş çürüğünün tedavisinde Gümüş Diamin Florür (GDF) uygulamasının ebeveynler tarafından kabul edilebilirliğini değerlendirdikleri çalışmada, Haziran 2020 ile Ocak 2021 tarihleri arasında iki farklı diş hastanesinin pedodonti kliniğine başvuran 2 ile 10 yaş arası çocukların aileleri ile güvenilirliği test edilmiş bir anket aracılığıyla kesitsel bir araştırma yürütülmüştür. Çalışmaya dâhil edilen 197 katılımcının 128'i GDF uygulamasını kabul edilebilir olarak değerlendirmiş; bu grubun 99'u GDF tedavisinin özellikle üst arka dişlerde uygulanmasını tercih ettiklerini belirtmiştir. Ebeveyn yaşı GDF tedavisinin kabulünü etkilemiştir. Özellikle 31–40 yaş aralığındaki ebeveynlerin, daha genç veya daha ileri yaş gruplarına kıyasla GDF uygulamasına yönelik daha yüksek farkındalık ve bilinç düzeyine sahip oldukları gözlemlenmiştir (Wajahat vd., 2022). Seifo ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği, Gümüş Diamin Florür'ün (GDF) çocuklardaki çürük lezyonlarının tedavisinde kullanımına ilişkin ebeveyn ve çocuk görüşlerinin incelendiği çalışmada, çocukların özellikle ön dişlerde oluşabilecek renklenmelere bağlı olarak akran zorbalığına maruz kalma endişesi taşıdıkları ortaya konmuştur. Ebeveynler, Gümüş Diamin Florür (GDF) uygulamasının özellikle kooperasyonu zayıf olan çocuklarda etkili bir tedavi seçeneği olduğunu düşünseler de ön dişlerde meydana gelebilecek estetik olmayan renklenmelerin, çocuklarının okul ortamında

akran zorbalığına maruz kalmalarına neden olabileceği yönünde kaygılarını da ifade etmişlerdir. Ayrıca bazı ebeveynler, GDF uygulaması sonucunda ortaya çıkan siyah renklemelerin, çevreleri tarafından çocuklarının ağız sağlığına yeterince önem vermedikleri şeklinde algılanabileceği endişesini dile getirmiştir. Hem ebeveynler hem de çocuk katılımcılar açısından değerlendirildiğinde, GDF uygulamasının estetik açıdan daha az görünür bölgelerde, özellikle arka dişlerde gerçekleştirildiğinde daha yüksek kabul edilebilirliğe sahip olduğu belirtilmiştir (Seifo vd., 2021).

2.5.7.7 Klinik uygulama

Kullanım sırasında dikkatli olunmalı, eldiven giyilmeli ve olası el veya klinik yüzey lekelenmelerini önlemek amacıyla eldivenler düzenli aralıklarla değiştirilmeli, masa örtüsü yerleştirilmelidir. Uygulama sırasında diş hekimi, yardımcı personelin koruyucu ekipmanlarını kullanıyor olması ve hastanın koruyucu gözlüğü ve plastik astarlı hasta önlüğünü kullandığından emin olunmalıdır (Seifo vd., 2020). Gümüş Diamin Florür (GDF) ile tedavi edilecek çürük lezyonlara ilişkin renkli klinik görüntüleri içeren, hastanın anlayabileceği şekilde uygun hazırlanmış aydınlatılmış onam formu tüm hastalarda özellikle ağız sağlığı okuryazarlığı düşük olan ebeveyn veya bakım verenler için, tedaviye geçilmeden önce alınmalıdır. Bu onam süreci, GDF uygulamasının potansiyel riskleri, olası faydaları ve mevcut alternatif tedavi seçenekleri hakkında bilgilendirmeyi içermeli; ayrıca dişin çürük bölgesinin siyah renge boyanabileceğinin bakım veren tarafından anlaşıldığını da açıkça ifade etmelidir (Knight vd., 2006; Uchil vd., 2020).

Çürük lezyonların tedavi edildiği durumlarda, başlangıç ve takip seanslarında lezyonun durumunu belgelemek ve değerlendirmek amacıyla fotoğraflar çekilmelidir. Bu mümkün değilse, lezyonun durumu ile ilgili yazılı bir kayıt tutulması gerekmektedir (Seifo vd., 2020). Gümüş diamin florürün (GDF) uygulanacağı çürük dokuya veya diş yüzeyine etkin şekilde doğrudan ulaşabilmesi için, kavitasyon içerisindeki büyük kalıntıların flor içermeyen profeksi patı ile temizlenmesi gerekmektedir. Gümüş diamin florür (GDF) ile istemsiz temas durumunda dudaklarda geçici renklenme riskini azaltmak amacıyla, uygulama öncesinde dudaklara vazelin sürülmesi önerilmektedir. GDF etkinliğini azaltabileceği ve restorasyon uygulanacak ise bağlanmayı etkileyebileceği için vazelinin çürük lezyonuna temas etmemesine dikkat edilmelidir. Lezyon diş etine yakın konumlanmışsa, bölge pamuk rulolarla izole edilmeli ve diş etine bariyer uygulanmalıdır. Ayrıca, lastik örtü (rubber dam)

de tercih edilebilir. Ancak, GDF'nin uygulanacağı çürük bölgeye veya diş dokusuna bariyer materyalinin temas etmemesine dikkat edilmelidir. Çürük lezyonun veya uygulama yapılacak diş dokusunun, hafif hava akımı veya pamuk rulolar kullanılarak kurutulması gerekmektedir. Tek kullanımlık bir plastik gode kabına uygulanacak miktar GDF damlatılmalıdır ve bir mikro fırça kullanarak lezyonun üzerine fırçalama hareketiyle uygulanmalıdır. Gümüş diamin florürün (GDF), kapiller etki yoluyla diş dokusuna nüfuz etmesine olanak tanımak için en az 1 dakika uygulanmalıdır. Mümkünse, uygulama bölgesinin izolasyonu 3 dakikaya kadar sürdürülmelidir. Solüsyonun hastanın diliyle ve yumuşak dokular ile temas etme riskini azaltmak amacıyla, fazla miktardaki GDF dikkatlice pamuk rulo ve gazlı bezle temizlenmelidir. Eğer çürük bir lezyon ya da MIH (molar insizör hipomineralizasyonu) etkilenimli bir diş tedavi ediliyorsa, remineralizasyonu desteklemek ve amonyağın ağızda yarattığı metalik tadı maskelemek amacıyla ilgili bölgeye %5 sodyum florür (NaF) verniği uygulanabilir. Ayrıca hasta metalik bir tat algıladığında, dil üzerine küçük bir miktar diş macunu uygulanması bu hissin giderilmesine yardımcı olabilir (Seifo vd., 2020).

Potasyum iyodür (KI) kullanılacaksa, Gümüş Diamin Florür (GDF) uygulamasının hemen ardından uygulanmalıdır. Yeşil kapsül üzerindeki folyo, temiz bir mikro fırça yardımıyla delinmeli ve beyaz çökelti renksiz hale gelinceye kadar bir ila üç kez uygulanmalıdır. Uygulamalar arasında 5 ila 10 saniye beklenilmeli ve fazlalık pamuk rulo ile alınmalıdır (Fröhlich vd., 2020).

İlk uygulamadan 2-4 hafta sonra, çürük lezyonun aktivitesini değerlendirmek amacıyla takip muayenesi yapılmalıdır. Aktivitesi durmuş olan çürük lezyonları, genellikle daha koyu renkte görünür ve periodontal bir sond ile yüzey üzerinde gezdirildiğinde sert bir doku hissi verir. Eğer lezyon hâlâ aktifse, Gümüş Diamin Florür (GDF) uygulamasının tekrarlanması gerekebilir (Seifo vd., 2020).

Kaviteleşmiş çürük lezyonları, Gümüş Diamin Florür (GDF) uygulamasının ardından restoratif olarak tedavi edilebilir. Ancak restorasyon uygulanmayan durumlarda, GDF'nin yılda iki kez tekrar edilmesi, tek seferlik uygulamaya kıyasla çürük ilerlemesini durdurmada daha yüksek başarı oranı göstermektedir (Seifo vd., 2020).

2.5.7.8 Ticari ürünler ve GDF oranları

Gümüş Diamin Florür (GDF), klinik uygulamalarda en yaygın olarak %38'lik konsantrasyonda kullanılmaktadır. Daha düşük konsantrasyonlara sahip formları (%3,8, %10, %12, %30) bulunsa da yapılan çalışmalar bu daha düşük konsantrasyonların çocuklardaki diş çürüklerini önlemede %38'lik GDF kadar etkili olmadığını ortaya koymuştur (Greenwall-Cohen vd., 2020; Mei vd., 2013). Piyasada ticari olarak bulunan GDF solüsyonlarının üretim ülkeleri, üretici firmaları, ticari adları ve konsantrasyon oranlarına ilişkin bilgiler Tablo 2-1'de sunulmuştur.

Tablo 2.1: Piyasada Ticari Olarak Bulunan GDF Ürünleri ve İçerikleri (Zheng vd., 2022).

Ürün	% GDF	Üretici Firma	Ülke	Ana İçeriği
Advantage Arrest	%38	Elevate Oral Care	ABD	GDF
Bioride	%38	Dentsply Industria & Comercio Ltd.	Brezilya	GDF
Fagamin	%38	Tedequim SRL	Arjantin	GDF
Fluoroplat	%38	NAF Laboratory	Arjantin	GDF
Saforide	%38	Toyo Seiyaku Kasei Co. Ltd.	Japonya	GDF
e-SDF	%38	Kids-e-Dental	Hindistan	GDF
Dengen Caries Arrest	%38	Dengen Dental	Hindistan	GDF
Topamine	%38	Dentalife Australia Pty. Ltd.	Tayland	GDF
Riva Star	%38	SDI Dental Ltd.	Avustralya	GDF ve KI
Cariestop	%30	Biodinamica	Brezilya	GDF
Ancarie	%30	Maquira, Maringa	Brezilya	GDF
Cariestop	%12	Biodinamica	Brezilya	GDF
Ancarie	%12	Maquira, Maringa	Brezilya	GDF
Cariostatic	%10	Inodon Laboratorio	Brezilya	GDF
Saforide RC	%3,8	Toyo Seiyaku Kasei Co. Ltd.	Japonya	GDF

%38'lik Gümüş Diamin Florür (GDF) solüsyonunun bileşimi incelendiğinde, yaklaşık olarak %25 oranında gümüş (255.000 ppm), %8 amonyak, %5 florür (44.800 ppm) ve %62 su içerdiği bildirilmektedir (Yan, Zheng, Gao, vd., 2023). %38'lik Gümüş Diamin Florür

(GDF) solüsyonunun, süt dişlerinde çürük oluşumunu engelleme ve mevcut lezyonları durdurma konusundaki etkinliği ile yetişkin bireylerde kök çürüklerinin ilerlemesini önlemedeki başarısı, sistematik derlemelerle desteklenmiştir (Ruff vd., 2022).

2.6 ATRAVMATİK RESTORATİF TEDAVİ

Atravmatik Restoratif Tedavi (ART), minimal invaziv diş hekimliği yaklaşımları arasında yer almaktadır. Bu yöntem, çürük lezyonlarının yalnızca el aletleri ile uzaklaştırılmasını ve oluşan kavitenin, komşu pit ve fissürlerle birlikte, yüksek viskoziteli cam iyonomer siman gibi adeziv özellik taşıyan bir restoratif materyal ile restore edilmesini esas alır. Başlangıçta, dişlerin tedavi olanaklarının sınırlı olduğu topluluklarda saha koşullarında uygulanmak üzere geliştirilmiş olan bu yöntem, zamanla invaziv olmayan doğası sayesinde gelişmiş ülkelerde de yaygın şekilde benimsenmiştir. ART uygulaması; dental anksiyetesi bulunan hastalarda, küçük çocuklarda, yaşlı bireylerde, kooperasyon güçlüğü yaşayan ya da özel gereksinimli bireylerde sıklıkla tercih edilen bir yöntem hâline gelmiştir (Küçük, 2023).

Minimal invaziv yaklaşım, dişlerin yaşam boyu fonksiyonunu sürdürebilmesini hedefleyen koruyucu odaklı bir tedavi felsefesidir. Bu yaklaşımda temel amaç, çürük lezyonlarının oluşumunu engellemek ve mevcut lezyonların ilerlemesini durdurmaktır. Bu doğrultuda benimsenen başlıca stratejiler şunlardır: çürük lezyonlarının erken dönemde tespit edilmesi ve bireysel çürük risk düzeyinin değerlendirilmesi, demineralize olmuş mine ve dentin dokularının remineralizasyonunun desteklenmesi, etkin çürük önleyici yaklaşımların benimsenmesi, minimal invaziv girişimleri uygulanması, mevcut restorasyonların tamamen değiştirilmesi yerine, mümkün olduğunda onarım yöntemlerinin tercih edilmesi şeklinde sıralanabilmektedir (Giacaman vd., 2018).

2.7 GEÇİCİ TERAPÖTİK RESTORASYON

Geçici Terapötik Restorasyon (Interim Therapeutic Restoration – ITR), Atravmatik Restoratif Tedavi (ART) ile benzer bir yaklaşıma sahip olup, çürük dokunun el aletleriyle ya da gerekli durumlarda döner aletler yardımıyla uzaklaştırılmasını takiben, kavitenin adeziv özellik gösteren cam iyonomer siman gibi bir materyal ile restore edilmesini içeren bir tedavi yöntemidir (Dorri vd., 2017).

Geçici Terapötik Restorasyon (ITR), uygun klinik koşullar sağlandığında kalıcı bir restoratif tedaviyle değiştirilmesi planlanan geçici bir uygulama olarak değerlendirilmektedir. Geçici terapötik restorasyonun, tıpkı atravmatik restoratif tedavi gibi hem süt hem de sürekli dişlerde çürük yönetiminde çeşitli klinik uygulamalarda başarılı sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Bu yöntem, özellikle çürüğün ilerlemesinin kontrol altına alınmasının hedeflendiği erken çocukluk çağı çürüğü vakalarında ya da tedaviye uyum güçlüğü yaşayan, yüksek anksiyeteye sahip çocuklar veya özel bakım gereksinimi olan hastalarda daha iyi yönetilebilir bir klinik yaklaşım sunmak amacıyla geliştirilmiş bir uygulamadır (Tedesco vd., 2017).

Son yıllarda, Atravmatik Restoratif Tedavi (ART) yaklaşımına dayanan yeni bir yöntem olarak SMART (Silver Modified Atraumatic Restorative Treatment) tekniği alternatif bir tedavi seçeneği olarak önerilmiştir. Bu yöntemin adlandırılması, içeriğinde kullanılan gümüş diamin florür (SDF) nedeniyle, “gümüş modifiyeli atravmatik restoratif tedavi” ifadesinin İngilizce baş harfleri olan SMART olarak ifade edilmiştir (Modasia & Modasia, 2021).

2.8 GÜMÜŞ MODİFİYE ATRAVMATİK RESTORATİF TEDAVİ (SMART)

Son yıllarda, özellikle çocuk hastalarda çürük lezyonlarının tedavisine yönelik yaklaşımlarda küresel ölçekte belirgin bir değişim gözlemlenmektedir. Geleneksel çürük tedavisi, çürük dokunun invaziv yöntemlerle uzaklaştırılması ve uygun bir restoratif materyal ile tedavi edilmesi esasına dayanmaktadır. Ancak bu yaklaşım hem çocuklar hem de ebeveynler ile klinisyenler açısından çeşitli zorluklar barındırabilmektedir. Bu nedenlerle, sağlam diş dokusunun mümkün olduğunca korunmasını amaçlayan minimal invaziv diş hekimliği felsefesi doğrultusunda geliştirilen atravmatik restoratif tedavi (ART), gümüş diamin florür (GDF) ve gümüş modifiye atravmatik restoratif tedavi (SMART) gibi yaklaşımlar, geleneksel tedavi yöntemlerine alternatif olarak daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır (Natarajan, 2022). Minimal invaziv diş hekimliği yaklaşımları ile biyoaktif ve biyomimetik materyallerin kullanımının önemli avantajlarından biri, uygulama sürelerinin daha kısa olması ve daha az invaziv girişimlere ihtiyaç duyulmasıdır. Güncel bilimsel kanıtlar, derin çürük lezyonlarında tüm enfekte dentin dokusunun uzaklaştırılmasının her zaman gerekliliği olmadığını bunun yerine restorasyonun sızdırmazlığının sağlanmasının tedavi başarısı açısından yeterli olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu tedavi yaklaşımı, atravmatik restoratif tedavi (ART), gümüş diamin florür (GDF) ve cam iyonomer

siman (CİS) materyallerinin birlikte kullanımıyla uygulanabilmektedir. GDF'nin ART prosedürüne entegre edilmesiyle geliştirilen bu yeni yöntem, literatürde Gümüş Modifiye Atravmatik Restoratif Teknik (SMART) olarak tanımlanmaktadır (E. Kidd vd., 2015). Bu yöntemde çürük lezyon öncelikle gümüş diamin florür (GDF) ile tedavi edilmekte, ardından cam iyonomer siman (CİS) ile restore edilmektedir. Çürüğü durdurmak ve yeniden mineralizasyonunu sağlamak için GDF, restorasyon ve remineralizasyon desteği sunmak için CİS kullanılmaktadır (ElHassanien Mohammed vd., 2022).

Cam iyonomer simanlar (CİS), dişin sert dokularına hem kimyasal hem de mikromekanik tutunma yoluyla adezyon sağlamaktadır. Bununla birlikte, içerdiği flor iyonlarını kontrollü bir şekilde serbest bırakarak biyofilm oluşumunu baskılayabilir ve tekrarlayan çürük gelişimini önlemede destekleyici bir rol üstlenebilir (Ballıkaya vd., 2022).

Gümüş Modifiye Atravmatik Restoratif Tedavi (SMART) yönteminin çeşitli klinik avantajları bulunmaktadır. Bu yöntem; hızlı, basit ve ağrısız olması, ilk muayene sırasında tedaviye başlanabilmesi, dental ortamlarda hem hasta hem de klinisyen açısından konfor ve güven sağlaması, işlem süresini kısaltması ve lokal anestezi ile el aleti kullanımına duyulan gereksinimi azaltması bakımından öne çıkmaktadır. Ayrıca, sedasyon veya genel anestezi ihtiyacını geciktirebilmesi ya da tamamen ortadan kaldırabilmesi, molar-insizör hipomineralizasyonu (MIH) bulunan dişlerde hassasiyetin azaltılmasına katkı sağlaması; atravmatik uygulama niteliğiyle olumlu bir diş hekimi deneyimi sunması ve hem hasta hem de ebeveyn ile klinisyen üzerindeki stresi azaltması gibi önemli yararlar sunmaktadır. Bunlara ek olarak, SMART uzun süreli flor salınımı sayesinde tekrarlayan çürük oluşumunu önlemeye yardımcı olurken; özellikle fissür çürüklerinde veya kaviteli lezyonlarda, GDF ile lezyonun durdurulmasının ardından restorasyonun gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Aynı zamanda biyofilm birikiminin uzaklaştırılabilirliğini artırarak GDF'nin tekrar uygulanması gerekliliğini ortadan kaldırabilmektedir (M. M. Ahmad vd., 2022; ElHassanien Mohammed vd., 2022) .

2.9 CAM İYONOMER SİMAN (CİS)

Diş çürüğü nedeniyle zarar görmüş dişlerin restorasyonunda, farklı türde doğrudan uygulanan restoratif materyallerden yararlanılmaktadır. Cam iyonomer simanlar (CİS), günümüzde dünya genelinde en yaygın kullanılan restoratif materyaller arasında yer

almaktadır. Diş hekimliğinde geniş bir kullanım alanına sahip olmaları; biyouyumlulukları, flor salınımı yapabilme kapasiteleri, uygulama kolaylıkları ve adeziv özelliklerinin güçlü olmasıyla ilişkilidir (Ge vd., 2022). Yapılan çalışmalarda, cam iyonomer simanların dentine benzer elastisite modülüne sahip olmaları ve flor salınımı özellikleri sayesinde, kompozit rezinlere alternatif bir restoratif materyal olarak kullanım sıklığının giderek arttığı ifade edilmektedir (Bezerra vd., 2020). Cam iyonomer simanlar, özellikle çocuk diş hekimliğinde süt dişlerinin oklüzal ve aproksimal yüzeylerinde yer alan kavitelerin restorasyonunda sıklıkla tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra, fissür örtücü olarak ve kaide materyali şeklinde de kullanılabilir. Ayrıca, ortodontik tedavilerde braketlerin yapıştırılmasında kullanılan bazı adeziv sistemlerin içeriğinde de yer almaktadır. Atravmatik restoratif tedavi (ART) yaklaşımında ise kavitelerin restorasyonunda cam iyonomer siman kullanımı yaygın olarak benimsenmektedir (Fierascu, 2022; Mohammadi vd., 2023).

Geleneksel cam iyonomer siman, 1969 yılında Birleşik Krallık'ta Londra'da bulunan İngiltere Hükümet Kimya Laboratuvarı tarafından geliştirilmiştir (Ge vd., 2022). Cam iyonomer simanlar, polialkenoik asit ile floro-alüminosilikat cam arasında gerçekleşen asit-baz reaksiyonu sonucunda sertleşen, su bazlı dental materyallerdir. Bu reaksiyon sırasında zayıf yapıli polimerik asitler, organik cam partikülleriyle kimyasal olarak etkileşime girmektedir. Cam iyonomer simanlar genellikle iki ana bileşenden oluşur: biri asitle çözünebilen floro-alüminosilikat tozundan oluşan bazik cam fazı diğeri polimer sıvısından meydana gelen asidik fazdır. Cam iyonomer simanların hazırlanmasında, toz ve sıvı bileşenlerinin karıştırılmasıyla bir asit-baz kimyasal reaksiyonu başlatılır. Bu süreçte, polialkenoik asidin cam tozu ile etkileşime girmesi sonucunda, metal iyonları (Ca^{2+} ve Al^{3+}) serbest bırakılır ve bu iyonlar, polimer zincirleri arasında çapraz bağların oluşmasına katkı sağlamaktadır (Mustafa vd., 2020). Cam iyonomer simanların sertliği, metal iyonları aracılığıyla gerçekleşen çapraz bağlanma ile polialkenoat moleküllerinin nötralizasyonunun birlikte etkisi sonucunda meydana gelmektedir (Park & Kang, 2020). Cam iyonomer simanların dentin yüzeyine adezyonu hem kimyasal bağlanma mekanizmaları hem de mikromekanik tutunma yoluyla gerçekleşmektedir (Jiang vd., 2020). Geleneksel cam iyonomer simanların, diş dokularına kimyasal olarak bağlanabilmeleri, nemli ortam koşullarında daha iyi adezyon sağlayabilmeleri, biyouyumlu yapıları, uzun süreli flor salınımı gerçekleştirebilmeleri ve klinik olarak kolay uygulanabilmeleri gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Cam iyonomer simanlar, florür, sodyum, fosfat ve silikat gibi biyolojik

açından yararlı iyonları çevrelerine salabildikleri için biyoaktif materyaller olarak sınıflandırılmaktadır (Ge vd., 2022). Geleneksel cam iyonomer simanlar, rezin modifiye ya da seramikle güçlendirilmiş türlerine kıyasla daha düşük toksisiteye sahiptir. Bu nedenle, biyouyumluluklarının sürdürülebilmesi açısından, içeriğinde değişimler yapılan cam iyonomer simanların geliştirilmesinde biyouyumlu bileşenlerin tercih edilmesi önemlidir. Ayrıca, eklenen materyallerin nihai ürünün biyouyumluluğu üzerindeki etkilerinin kapsamlı biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir (Bapat vd., 2021; Hoshika vd., 2021).

Geleneksel cam iyonomer simanların nem duyarlılıkları, mekanik dayanımlarının yetersizliği ve sınırlı estetik özellikleri gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bu materyallerin estetik açıdan yetersiz kabul edilmelerinin başlıca nedenleri, yarı saydam yapıda olmaları ve sınırlı renk seçeneklerine sahip olmalarıdır. Ayrıca, aşınmaya karşı dirençlerinin düşük olması nedeniyle zamanla yüzey pürüzlülüğünde artış gözlenebilmektedir. Cam iyonomer simanlarla karşılaştırıldığında, kompozit rezin materyaller daha küçük partikül boyutları sayesinde daha düzgün yüzey özellikleri sunmaktadır. Geleneksel cam iyonomer simanlar aynı zamanda düşük bükülme dayanımı, zayıf kırılma direnci ve çiğneme kuvvetleri karşısında oluşabilecek kırılma ya da elastik deformasyon gibi mekanik açıdan zayıf özellikler göstermektedir (Celik vd., 2019; Nantane vd., 2016).

Geleneksel cam iyonomer simanların sahip olduğu özelliklerin kısıtlılığının aşılabilmesi amacıyla, 1989 yılında rezin modifiye cam iyonomer siman (RMCİS) materyali ilk kez kullanıma sunulmuştur (Agha vd., 2016). Bu tip simanlar, iki farklı sertleşme mekanizması içermektedir: biri geleneksel asit-baz reaksiyonu, diğeri ise rezin monomerin polimerizasyonudur. Polimerizasyon süreci, ışıkla ya da kimyasal olarak aktive edilebilmektedir (Wilson & Nicholson, 2005). Resin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS), geleneksel cam iyonomer simanlardaki kimyasal sertleşme mekanizmasına ilave olarak, ışıkla polimerizasyonun gerçekleşmesini sağlamak amacıyla polimerize olabilen bir monomer olan 2-hidroksietil metakrilat (HEMA) içermektedir. Resin içeriğinin eklenmesiyle birlikte, bu materyallerin bağlanma dayanımı ile gerilme ve basma dayanımı gibi mekanik özellikleri korunmakta; aynı zamanda nemli ortamlarda gösterdikleri çözünürlük düzeyi azalmaktadır. Resin modifiye cam iyonomer simanlarda (RMCİS), cam iyonomer simanın likit fazına eklenen monomer, ultraviyole ışık altında polimerize olur ve

bunu mekanik dayanımı artıran klasik asit-baz reaksiyonu izler. Bu çift sertleşme mekanizması sayesinde elde edilen gelişmiş mekanik dayanım, RMCİS'in klinik diş hekimliğinde yaygın olarak tercih edilmesine olanak sağlamaktadır. Özellikle tabaka/kaide materyali, adeziv ajan ve restoratif materyal gibi çeşitli spesifik uygulamalarda etkin biçimde kullanılmaktadır. Rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS), flor salınımı ve klinik uygulama kolaylığı gibi geleneksel cam iyonomer simanların (CİS) sağladığı avantajları korumakla birlikte, estetik açıdan daha üstün özellikler sunmaktadır. Ayrıca, RMCİS'lerin fiziksel özelliklerinde de iyileşme sağlanmıştır. Ancak literatürde, diş çürüğünün önlenmesinde önemli rol oynayan flor salınım düzeylerinin, geleneksel CİS'lere kıyasla daha düşük olduğu bildirilmektedir. Klinik uygulamalarda geleneksel CİS'in pulpaya yakın alanlarda kullanımı genellikle bir sorun oluşturmazken, derin kavitelere RMCİS kullanımından kaçınılması önerilmektedir (Agha vd., 2016; Nicholson, 2016; J. Zhao & Xie, 2011).

2.9.1 Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Siman

İlk geliştirilen cam iyonomer simanlar düşük viskoziteye sahip formülasyonlar iken, 1990'lı yılların ortalarında daha dayanıklı ve geliştirilmiş özellikler sunan yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar klinik kullanıma sunulmuştur (Mickenausch, 2016).

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar, geleneksel cam iyonomer simanlarda yapılan bazı yapısal iyileştirmeler sonucunda geliştirilmiştir. Bu iyileştirmeler arasında toz-likit oranının artırılması, cam partiküllerinin boyutlarının küçültülmesi ve daha yüksek moleküler ağırlığa sahip asitlerin kullanılması yer almaktadır. Uygulanan bu değişiklikler, materyalin bükülme direncinde anlamlı bir artış sağlayarak geleneksel cam iyonomer simanlarda sık başarısızlık nedeni olarak karşılaşılan kohezif kırılma olasılığını da azaltmaktadır (Mickenausch, 2016). Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların flor salımı ve reşarj özellikleri, geleneksel cam iyonomer simanlarla benzerlik göstermektedir. Bu materyallerin ticari olarak, biri toz-likiti el ile karıştırılan diğeri amalgamatör cihazında karıştırılan kapsül formunda sunulan iki farklı formu bulunmaktadır (Francois vd., 2020; Mickenausch, 2016).

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların ilk geliştirilen örneği, Fuji IX (GC Corp., Tokyo, Japonya) olarak bilinmektedir. Bu formülasyonun klinik başarıları, diğer üreticilerin

de yüksek mekanik dayanım gösteren ve hızlı sertleşme özelliğine sahip cam iyonomer simanlar geliştirmesine öncülük etmiştir.

2007 yılında, yüksek viskoziteli kapsül formundaki cam iyonomer Fuji IX GP Extra (GC, Tokyo, Japonya) ile nano doldurucular içeren ve ışıqla polimerize olabilen yüzey koruyucu bir materyal olan G-Coat Plus'ın (GC, Tokyo, Japonya) kombinasyonundan oluşan Equia sistemi geliştirilmiştir. Düşük viskoziteye sahip bir materyal olan G-Coat Plus, cam iyonomer simanlar ve kompozit rezinlerin yüzeyinde vernik olarak uygulanabilmesinin yanı sıra, mine ve dentin yüzeylerine de adeziv olarak bağlanabilmektedir. İçerisinde bulunan nanopartiküller, cam iyonomer materyalinin ağız ortamına karşı tam dayanıklılık kazandığı olgunlaşma süreci tamamlanana dek, erken dönemde meydana gelebilecek abrazyon gibi dış etkilere karşı koruyucu bir bariyer görevi üstlenmektedir. 2009 yılında bu sistem, Equia Fil adıyla yeniden adlandırılmış; yüzey kaplama ajanı ise Equia Coat ismiyle piyasaya sunulmuştur (Bonifácio vd., 2012; Diem vd., 2014; Koenraads vd., 2009).

2.10 CAM İYONOMER SİMANLARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İN-VİTRO ORTAMDA DEĞERLENDİRİLMESİ

Diş hekimliğinde kullanılan materyallerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini değerlendirmek amacıyla çeşitli test yöntemleri uygulanmaktadır. Bir materyalin klinik performansını öngörebilmek için hem fiziksel hem de kimyasal nitelikleri hakkında kapsamlı bilgi sahibi olunması gerekmektedir. Kenar sızıntısı ve bağlanma dayanımı gibi testler, materyalin fiziksel özelliklerine dair önemli veriler sunmanın yanı sıra, olası klinik başarısına ilişkin de ön değerlendirme yapılmasına olanak tanımaktadır.

Diş hekimliğinde kullanıma sunulan yeni bir ürünün değerlendirilmesinde, in vivo testler yüksek maliyetleri ve standardizasyon güçlükleri nedeniyle sınırlı uygulanabilirliğe sahiptir. Bu sebeple, araştırmacılar daha ekonomik, sonuçları hızlı elde edilebilen, parametreleri kontrol edilebilen ve farklı materyaller arasında karşılaştırma yapılmasına olanak tanıyan in vitro test yöntemlerini tercih etme eğilimindedir (Ayaz vd., 2011).

2.10.1 Bağlanma Dayanıklılığı Testleri

Bağlanma kuvveti testleri, bir restoratif materyalin mine ya da dentin yüzeyine bağlanma kapasitesini değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir. Materyalin diş sert dokularına olan

bağlanma kuvvetinin belirlenmesi, hem klinik başarıların öngörülmesi hem de ilgili fiziksel özelliklerin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar açısından büyük önem taşımaktadır (Yalçinkaya Cengiz vd., 2023). Restoratif materyallerin klinik başarısı, ağız ortamında restorasyonu yerinden uzaklaştırmaya yönelik çeşitli kuvvetlere karşı gösterdiği dirençle doğrudan ilişkili olup, bu direnç büyük ölçüde dentin yüzeyine sağlanan adezyona bağlı olmaktadır (Manuja vd., 2011) .

Bağlanma dayanımını değerlendirmek amacıyla en sık başvurulanan yöntemler, kesme (shear) ve gerilme (tensile) dayanım testleridir. Bu testler, diş ile restoratif materyal arasındaki bağlantı bölgesinde oluşan gerilimin yönüne bağlı olarak sınıflandırılmakta olup; gerilim kuvveti bağ ara yüzeyine paralel uygulandığında kesme dayanımı, dik uygulandığında ise gerilme dayanımı olarak tanımlanmaktadır (Ayaz vd., 2011).

1990'lı yılların ortalarına kadar, kesme ve gerilme bağlanma dayanımı testleri genellikle 3 ila 6 mm genişliğinde büyük bağlanma yüzeyleri kullanılarak uygulanmaktaydı. Ancak bu testlerde elde edilen ortalama bağlanma kuvveti değerlerinin doğruluğu, bağlantı arayüzünde stresin homojen dağılmaması nedeniyle tartışmalı hale gelmiştir (Braga vd., 2010; DeHoff vd., 1995; Van Noort vd., 1989). Bununla birlikte hem restoratif materyalde hem de dental substratta meydana gelen koheziv başarısızlıklar, arayüzdeki bağlanma kuvvetinin hatasız bir şekilde değerlendirilmesini engelleyen yaygın bir durumdur (Pashley vd., 1995). Bu sınırlamaların aşılabilmesi amacıyla yürütülen çalışmalar sonucunda, daha küçük bağlanma yüzeyleri kullanılarak gerçekleştirilen mikro-gerilme (micro-tensile) ve mikro-kesme (micro-shear) testleri gibi yeni testler geliştirilmiştir (Braga vd., 2010; McDonough vd., 2002).

Mikro bağlanma testlerine yönelik ilginin artmasına ve makro test yöntemlerine ilişkin eleştirilerin devam etmesine rağmen, makro testlerin kullanıldığı çalışmaların sayısı son yıllarda da yüksekliğini korumuştur. Bu durum, dental adezyon konusundaki bilgi birikiminin önemli bir bölümünün, hâlâ geniş bağlanma yüzeyine sahip örnekler üzerinde gerçekleştirilen testlere dayandığını ortaya koymaktadır. Konvansiyonel test yöntemlerinin günümüzde de yaygın olarak tercih edilmesinin başlıca nedenleri arasında, uygulama kolaylığı, minimal ekipman gereksinimi ve basit örnek hazırlık süreçleri yer almaktadır (Braga vd., 2010).

2.10.1.1 Makaslama bağlanma dayanıklılığı testi

Kesme bağlanma dayanımı, restoratif materyalin diş yapısı üzerinde yer değiştirmesine neden olan kuvvetlere karşı gösterdiği direnci ifade eder. Diş-restorasyon arayüzünde ortaya çıkan ve restoratif materyalin yerinden ayrılmasına neden olabilecek kuvvetlerin büyük bir kısmı kesme yönünde etkili olduğundan, kesme bağlanma dayanımının değerlendirilmesi klinik açıdan büyük önem taşımaktadır (Suresh, 2011).

Kesme testinde, adeziv bağ bölgesi, diş yüzeyine paralel yönde uygulanan bir kuvvet aracılığıyla kırılmaktadır. Test sırasında örnekler, cihaz içinde özel tutucu sistemler kullanılarak sabitlenir ve diş yüzeyine paralel olarak belirli bir hızda hareket eden kesme kafası yardımıyla kırılma gerçekleştirilir. Bu test yöntemi, restoratif materyallerin ağız içerisindeki maruz kalabilecekleri gerilme kuvvetlerini taklit etmeyi amaçlayarak, malzemenin dayanıklılığını değerlendirmeye yönelik bir yaklaşım sunmaktadır (Ayaz vd., 2011).

Kesme kuvvetine karşı bağlanma dayanımını değerlendirmek amacıyla uygulanan testlerde, çoğunlukla bıçak sırtı şeklinde sonlanan bir yükleme ucu tercih edilmektedir. Bu tür bir uç kullanıldığında, yükün uygulandığı bölgede yoğun stres birikimi olduğu gözlemlenmektedir. Buna karşın, tel halka aracılığıyla bağlanma yüzeyine kuvvet uygulandığında, stresinin dağıldığı bildirilmektedir. Bu nedenle, bıçak sırtı şeklinde sonlanan uç ile yükleme yapılan örneklerde, kuvvetin uygulandığı bölgeye yakın alanlarda, küçük çaplı koheziv kırıkların meydana gelmesi olasıdır. Test düzeneğinde uygulayıcı kafa hızı genellikle 0,5 mm/dk veya 1 mm/dk olacak şekilde tercih edilmektedir. Kuvvetin uygulandığı uç ile örneğin yerleştirildiği düzeneğin mesafesi azaldığında (örneğin 1 mm yerine 0,5 mm olarak ayarlandığında) bağlanma ara yüzeyinde oluşan stres artmakta ve bu durum, elde edilen bağlanma dayanımı değerlerinin daha düşük olmasına neden olmaktadır (Braga vd., 2010; Van Noort vd., 1989).

2.10.2 Mikrosızıntı Testleri ve Termal Siklus Uygulaması

Mikrosızıntı, dolgu materyali ile diş dokusu arasındaki arayüzden bakteri, sıvı, molekül ve iyonların geçişi olarak tanımlanmakta olup, dental restorasyonlarda karşılaşılan en önemli klinik sorunlardan biri olarak kabul edilmektedir (Toledano vd., 1999; H. Xie vd., 2008). Diş dokusu ile restoratif materyal arasındaki arayüzde sızıntının önlenmesi, restorasyonların uzun dönemli başarısı ve klinik dayanıklılığı açısından büyük önem taşımaktadır. Bu

bağlamda, ideal bir restoratif materyalin kavite duvarlarına etkin şekilde adapte olabilmesi ve yeterli düzeyde marjinal sızdırmazlık sağlayabilmesi beklenmektedir (E. A. Kidd, 1976). Restoratif materyalle diş dokusu arasındaki yetersiz sızdırmazlık, arayüzde boşluk oluşumuna neden olarak plak akümülayonu ile birlikte bakterilerin ve onların toksinlerinin bu alana penetrasyonunu kolaylaştırmakta, bu da mikrosızıntının gelişmesine zemin hazırlamaktadır. Bu süreç, zamanla kenar renklenmeleri, postoperatif hassasiyet, sekonder çürük oluşumu, gingival inflamasyon ve pulpal komplikasyonlar gibi çeşitli olumsuz klinik sonuçlara yol açabilmektedir (Déjou vd., 1996; Gwinnett vd., 1995).

Rezin esaslı restoratif materyallerde polimerizasyon süreci sırasında meydana gelen büzülme, marjinal adaptasyonun bozulmasına neden olabilmektedir. Bu durum ise mikrosızıntı, marjinal renklenme ve postoperatif hassasiyet gibi olumsuz klinik sonuçların ortaya çıkmasına yol açmaktadır (Kaplan vd., 1992) .

Higroskopik genişleme, belirli bir oranda polimerizasyon büzülmesini dengeleyici bir etki gösterebilmektedir. Su emilimi sonucunda marjinal boşlukların kısmen azalması mümkün olduğundan, uygulamadan sonraki ilk 24 saat içerisinde su absorbe eden cam iyonomer simanlar, rezin bazlı materyallere kıyasla daha düşük düzeyde mikrosızıntı değerleri gösterebilmektedir (Toledano vd., 1999).

Mikrosızıntının değerlendirilmesinde, genellikle in vitro çalışmalar tercih edilmektedir. Laboratuvar ortamlarında gerçekleştirilen termal siklus uygulamaları, mikrosızıntıyı simüle etme amacıyla kullanılan yaygın yöntemlerdendir ve büyük ölçüde in vivo koşulları yansıtabildiği kabul edilmektedir. Ancak, bu prosedürlerin uygulanışında çeşitli farklılıklar bulunmakta ve çoğu durumda, in vivo veriler referans alınmaksızın gerçekleştirilmektedir (Crim & Mattingly, 1981; Gale & Darvell, 1999; Rossomando & Wendt, 1995). Deneysel koşulların standardize edilmesi, elde edilen veriler arasında güvenilir karşılaştırmalar yapılabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Ağız ortamında yeme ve içme sırasında meydana gelen sıcaklık değişimlerini ölçmeye yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ancak, yeme-içme alışkanlıklarının bireyler arasında farklılık göstermesi ve ağız içi yerleşimlerin değişkenliği nedeniyle bu sıcaklık değişimleri geniş bir varyasyon aralığında seyretmektedir (Gale & Darvell, 1999). Herhangi bir termal uyarı veya ağız solunumu faktörü bulunmaksızın, intraoral sıcaklık ortalama 35,2 ($\pm 2,1$) °C olarak tespit edilmiştir (Spierings vd., 1987). Peterson ve arkadaşları, diş yüzeyinden yapılan ölçümlerle ilgili çalışmalarında

10 °C'lik sıcaklık uygulamasının bireyler tarafından rahatsız edici ancak tolere edilebilir düzeyde algılandığını, 15 °C'lik sıcaklığın ise herhangi bir rahatsızlık oluşturmadığını rapor etmişlerdir (Peterson vd., 1966). Crabtree ve Atkinson tarafından yapılan çalışmada, sıcak yemek tüketimi sırasında diş yüzeyinde ölçülen sıcaklık değerlerinin 43 °C ile 53 °C arasında değiştiği bildirilmiştir (Crabtree, 1955). Lloyd ve arkadaşları, birkaç yıldır ağız ortamında bulunan dişlerde in vivo olarak gözlemlenen çatlakların, yeni sürmüş ve çekilmiş dişlere termal siklus cihazında birkaç bin döngü uygulandıktan sonra oluşan çatlaklarla benzerlik gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Bu bulgular doğrultusunda, bir yıllık klinik kullanım süresinin, laboratuvar ortamında gerçekleştirilen on bin termal döngüyle eşdeğer olabileceğini öne sürmüşlerdir (Lloyd vd., 1978). Tüm bu bilgilere rağmen, termal siklus uygulamalarında kullanılacak standart protokol konusunda net bir görüş birliği bulunmamaktadır. Ancak in vitro koşullarda gerçekleştirilen pek çok çalışmada, genellikle 5 °C ve 55 °C olmak üzere termal su banyolarında, her birinde 30 saniyelik bekleme sürelerinden toplamda 500 döngü şeklinde uygulanmaktadır (Gale & Darvell, 1999).

Mikrosızıntının değerlendirilmesinde çeşitli test yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Bu yöntemler arasında; boyar madde penetrasyon testleri, radyoizotop kullanımı, kimyasal ajanlarla yapılan testler, bakteriyel sızıntı çalışmaları, hava basıncı yöntemi, nötron aktivasyon analizi, elektrokimyasal değerlendirmeler ve mikroskopik inceleme teknikleri yer almaktadır (Alani & Toh, 1997; E. A. Kidd, 1976; Taylor & Lynch, 1992)

2.10.2.1 Boyar madde penetrasyon testleri

Mikrosızıntının değerlendirilmesinde boyar maddelerin kullanımı, uygulama kolaylığı ve düşük maliyeti nedeniyle literatürde en yaygın tercih edilen ve en eski yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir (Mueninghoff vd., 1990; Taylor & Lynch, 1992). Bu yöntem, çekilmiş ve restorasyon uygulanmış bir diş örneğinin apeksinin mum veya kompozit ile kapatılmasının ardından, restoratif alan dışındaki tüm yüzeylerinin tırnak cilası veya mum ile izole edilmesi ve belirli bir süre boyunca boya solüsyonunda bekletilmesi esasına dayanmaktadır. İşlem sonrasında örneklerden kesit alınarak, boyanın penetrasyon düzeyi mikroskop altında incelenmekte ve mikrosızıntı derecesi değerlendirilmektedir (Erdilek vd., 2009). Mikrosızıntı çalışmalarında sıklıkla tercih edilen boyar maddeler arasında; %20'lik floresan, %0,25 toluidin mavisi, %0,05 kristal violet, %2 eritrosin, %50 gümüş nitrat, %2 anilin mavisi, %0,5 ila %2 aralığında bazik fuksin, %0,2–2 veya %10 metilen mavisi ile %5

eosin gibi farklı boya solüsyonları yer almaktadır. Bu maddeler arasında, mikrosızıntı değerlendirmelerinde en yaygın olarak kullanılan boyar madde %2'lik metilen mavisidir (Loguercio vd., 2004; Piva vd., 2002; Williams vd., 2002).

Boyar madde penetrasyon yönteminin düşük maliyetli olması, kolay temin edilebilirliği, hızlı ve doğrudan ölçüm imkânı sunması, bu yöntemi diğer mikrosızıntı değerlendirme yöntemlerine kıyasla avantajlı kılmaktadır. Ancak, sızıntının varlığına ilişkin değerlendirmelerde yanlış yorumların önüne geçilebilmesi ve elde edilen verilerin güvenilirliğinin artırılabilmesi için, sonuçların birden fazla araştırmacı tarafından bağımsız olarak değerlendirilmesi önerilmektedir (Taylor & Lynch, 1992).

Mikrosızıntının değerlendirilmesinde genellikle, sızıntı miktarını derecelendirmeye olanak tanıyan dereceli olarak artan skorlar kullanılmaktadır (Williams vd., 2002).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında; gümüş diamin florür (GDF) ile modifiye atravmatik restoratif tedavi uygulamasında kullanılan cam iyonomer esaslı restoratif materyalin in vitro koşullarda mekanik ve fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışmanın tüm deney aşamaları Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada gömük kalmış, ortodontik ya da periodontal nedenlerle çekim endikasyonu konulmuş ve Altınbaş Üniversitesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı kliniğinde çekimleri gerçekleştirilmiş çürük, çatlak ve restorasyon içermeyen 56 adet 3. büyük azı dişi kullanılmıştır.

Bu çalışma iki bölümden meydana gelmektedir:

- a. Farklı gümüş diamin florür (GDF) materyallerinin cam iyonomer restorasyonu (CİS)= (SMART) ile makaslama bağlanma dayanımı açısından karşılaştırılması.
- b. Farklı gümüş diamin florür (GDF) materyallerinin cam iyonomer restorasyonu (CİS) = (SMART) uygulandıktan sonra mikrosızıntı açısından değerlendirilmesi.

3.1 ETİK KURUL

Bu doktora tezi çalışması, Altınbaş Üniversitesi Sağlık Bilimleri Bilimsel Araştırma Etik Kurulu tarafından 11/07/2024 tarih ve 1 sayılı toplantısında görüşülerek etik yönden uygun bulunmuş ve onay alınmıştır (Dosya No: 2024/16) (EK-A.1).

Çalışmada kullanılan çekilmiş dişlere sahip bireyler ve aileleri için 'Gümüş Diamin Florür ile Modifiye Atravmatik Restoratif Tedavi Uygulamasının Etkinliğinin İn Vitro Koşullarda Değerlendirilmesi' başlıklı tez çalışmasında kullanılacağına ilişkin bilgi verilmiş ve 'Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu' hazırlanarak aydınlatılmış onam formları imzalatılmıştır (EK-A.2).

3.2 GÜMÜŞ DİAMİN FLORÜR İLE MODİFİYE ATRAVMATİK RESTORATİF TEDAVİ UYGULAMASININ ETKİNLİĞİNİN İN VİTRO DEĞERLENDİRİLMESİ

3.2.1 Örneklem Büyüklüğünün Hesaplanması

Deney aşamalarına başlamadan önce çalışma gruplarını saptamak amacı ile “Power Analiz” testi uygulanmıştır. Auychai ve ark.’nın çalışmasında elde edilen değerler göz önünde bulundurulduğunda etki büyüklüğü (d) değeri 1.494263 olarak saptanmıştır. Çalışmanın gücü $\alpha:0.05$ düzeyinde %80 olarak baz alındığında makaslama bağlanma dayanımı ve mikrosızıntı ölçümü için her bir alt grupta bulunması gereken örnek adedi en az 7 olarak hesaplanmıştır (Auychai vd., 2022).

Her bir grup için 7 örnek gerektiği için 8 alt grup için toplam örnek sayısı 56 olarak belirlenmiştir.

3.2.2 Dişlerin Toplanması ve Hazırlığı

Gömük kalmış, ortodontik ya da periodontal nedenlerle çekim endikasyonu konulmuş, çürük, çatlak ve restorasyon içermeyen 56 adet 3. büyük azı dişi çekimleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1).

Dişlerin üzerinde bulunan yumuşak doku artıkları periodontal el aletleriyle uzaklaştırıldıktan sonra diş yüzeyleri polisaj fırçasıyla temizlenmiştir (Şekil 3.2). Dişler deney zamanına kadar 1 hafta boyunca $+4^{\circ}\text{C}$ ’de %0,1 Timol solüsyonunda bekletildikten sonra deney uygulanmasına kadar $+4^{\circ}\text{C}$ ’de distile suda saklanmıştır. Distile su haftada bir kez değiştirilmiştir. Toplanan dişlerin 28 adeti makaslama bağlanma dayanımı testi için, 28 adeti de mikrosızıntı testinde kullanılmak için rastgele ayrılmıştır.



Şekil 3.1: Çalışmada Kullanılan Çekimleri Tamamlanmış 3. Büyük Azı Dişleri.



Şekil 3.2: Diş Üzerindeki Yumuşak Doku Artıklarının Temizlenmesi.

3.3 ÇALIŞMADA KULLANILAN GEREÇLER

3.3.1 Restoratif İşlem Öncesi Örnek Hazırlığında Kullanılan Gereçler

Çalışmada restorasyon yapmadan önce örnek hazırlığında kullanılan gereçler ve üretici firma bilgileri Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1: Restorasyon Öncesi Örnekleri Hazırlamada Kullanılan Gereçler.

Gereç	Üretici Firma
Mikromotor	KaVo Dental, Biberach, Almanya
Anguldurva	KaVo Dental, Biberach, Almanya
Aeratör	KaVo Dental, Biberach, Almanya
Dental Skaler	NSK, Nakanishi Inc., Tochigi, Japonya
Polisaj Fırçası	Queen Dental, Seebach, Almanya
Soğuk Akrilik	Imicrly, Konya, Türkiye
C Tipi Silikon Ölçü	Optosil, Kulzer, Hanau, Almanya
Periodontal Sond	Hu-Friedy Mfg. Co., Ltd., Chicago, ABD
Tırnak Cilası	Seche Vite, Kaliforniya, ABD
Elmas Rond Frez	Dimei Dental, Anyang, Çin

3.3.2 Restosyon Uygulama Aşamasında Kullanılan Gereçler

Bu çalışmada yüksek vizkoziteli cam iyonomer siman olan Equia ile üç farklı formülasyonda remineralizasyon ajanı üretici firmanın talimatlarına uygun şekilde kullanılmıştır. EQUIA uygulamasından önce üretici firmanın tavsiye ettiği poliasit içerikli kavite hazırlayıcı kullanılmıştır. Equia uygulamasının ardından Equia Coat materyal yüzeyine uygulanmıştır. Tüm gruplarda polimerizasyon sağlanması için Valo Cordless LED ışık cihazı standart modda kullanılmıştır. Kullanılan gereçler ve özellikleri Tablo 3.2 ve Tablo 3.3’te verilmiştir.

Tablo 3.2: Restorasyon Aşamasında Kullanılan Gereçler.

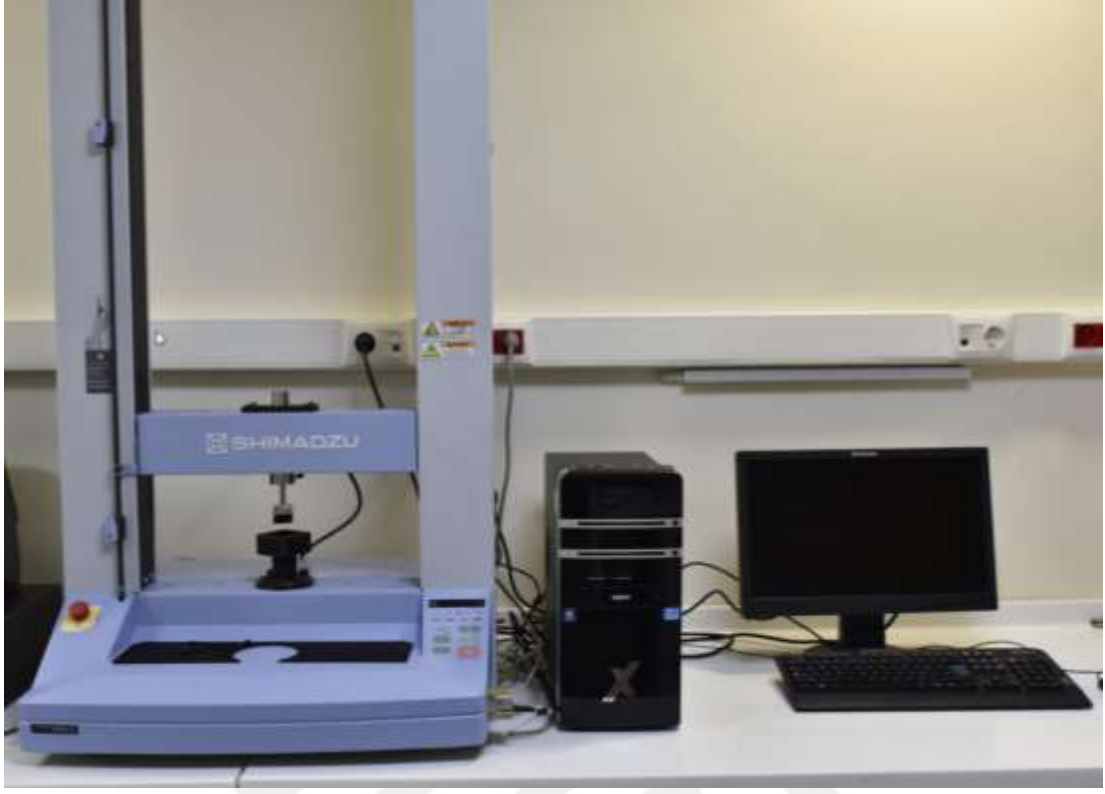
Gereç	Form	Üretici Firma	İçeriği
Advantage Arrest	Jel	Elevate Oral Care LLC, Florida ABD	%38 GDF (%25 Gümüş, %5,5 Flor, %8 Amonyak)
Advantage Arrest	Likit	Elevate Oral Care LLC, Florida ABD	%38 GDF (%25 Gümüş, %5,5 Flor, %8 Amonyak)
Riva Star	Likit	SDI Dental Ltd., Avustralya	%38 GDF+ KI
EQUIA	Toz/Likit	GC Corp., Tokyo, Japonya	Toz: Stronsiyum Floro-Aluminosilikat cam, poliakrilik asit Likit: aköz poliakrilik asit
Cavity Conditioner	Likit	GC Corp., Tokyo, Japonya	%20 Poliakrilik asit
Equia Coat	Likit	GC Corp., Tokyo, Japonya	%40-50 metil metakrilat, %10-15 kolloidal silika, %0,09 kamforokinon, %30-4* üretan metakrilat, %1-5 fosforik ester monomeri

Kapsül formda olan Equia Forte restoratif materyalinin karıştırmasında Capsmix-X Amalgam Kapsül Karıştırıcı (Atlas Health Care Technologies, İstanbul, Türkiye), uygulayabilmek için GC Capsule Applier III Kapsül Tabancası (GC Corp., Tokyo, Japonya) ve en son koruyucu amaçla restorasyonun üzerine uyguladığımız Equia Coat, polimerizasyonunu sağlamak için Valo Cordless LED Işık Cihazı (Ultradent, ABD) kullanılmıştır.

3.3.3 Deney Aşamasında Kullanılan Gereçler

3.3.3.1 Universal Test Cihazı (Shimadzu AGS-X, Kyoto, Japonya)

Bu çalışmada, dental restoratif materyallerin makaslama bağlanma dayanımını ölçmek amacıyla Instron Universal Test Cihazı (Shimadzu AGS-X, Kyoto, Japonya) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan universal test cihazı Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3: Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi için Kullanılan Universal Test Cihazı (Shimadzu AGS-X, Kyoto, Japonya)

3.3.3.2 Stereo Mikroskop (Nikon SMZ745T, Nikon Enstruments, ABD)

Bu çalışmada SMZ745T, mercek ve kamera arasında kolay geçiş sağlayan bir optik yol değiştirme koluna sahip olan ve Nikon Digital Sight Serisi kamera takılabilen, görüntüyü 7,5 kat büyütebilen ve 115 mm çalışma mesafesine sahip Nikon SMZ745T marka stereo mikroskop cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: Çalışmada Kullanılan Stereo Mikroskop Cihazı (Nikon SMZ745T, Nikon, ABD).

3.3.3.3 Hassas kesme cihazı (Mecatome T180, PRESI, Eybens, Fransa)

Hazırlanan örneklerin makaslama bağlanma dayanımı testi uygulamasında dişlerin dentin yüzeylerini açığa çıkarmak ve mikrosızıntı değerlendirilmesinin yapılmasında gerekli olan kesit alma işlemini gerçekleştirebilmek için, su soğutmalı hassas kesme cihazı olarak Mecatome T180 (PRESI, Eybens, Fransa) cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: Hassas Kesme Cihazı (Mecatome T180, PRESI, Eybens, Fransa).

3.3.3.4 Termal siklus cihazı (MOD Dental, Esetron Smart Robotechnologies, Ankara, Türkiye)

Çalışmada hassas sıcaklık ayarlı sıcak ve soğuk su hazneleri bulunan ve dental materyallerin sıcak ve soğuk su haznelerinde istenilen sürede bekletilerek test edilmesine olanak tanıyan termal siklus cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Çalışmada Kullanılan Termal Siklus Cihazı (MOD Dental, Esetron Smart Robotechnologies, Ankara, Türkiye).

3.3.3.5 Yapay tükürük solüsyonu

Tüm örnekler GDF uygulandıktan 1 hafta sonra cam iyonomer siman ile restorasyonlar yapılmıştır. Bu sürede ağız ortamını taklit edebilmesi için bir hafta boyunca İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Temel Bilimler Anabilim Dalı Biyokimya Bilim Dalı'nda taze olarak hazırlanan yapay tükürük solüsyonunda bekletilmiştir. Hazırlanan yapay tükürük solüsyonunda pH 7,0 olarak ayarlanmıştır. Solüsyonun içeriği 1.5 mmol/l $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$, 0.9 mmol/L $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 150 mmol/L KCl, 0,1 mol/L $\text{H}_2\text{NC}(\text{CH}_2\text{OH})_3$ (TRIS)'ten oluşturulmuştur (De Mello Vieira vd., 2005).

3.3.3.6 Demineralizasyon solüsyonu

Okluzal mine tabakası hassas kesme cihazında kaldırılan dişlerin yüzeyinde yapay dentin çürükleri oluşturmak amacıyla İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Temel Bilimler Anabilim Dalı Biyokimya Bilim Dalı'nda literatüre uygun demineralizasyon solüsyonu hazırlanmıştır. Çürükten etkilenmiş dentini simüle etmek için pH siklusu yöntemi kullanılmıştır. Demineralizasyon solüsyonu olarak 2,2 mM CaCl_2 , 2,2 mM NaH_2PO_4 ve 50

mM asetik asit hazırlanmış ve pH 4,5 olarak ayarlanmıştır. Okluzal mine tabakası kaldırılan 3. büyük azı dişleri ayrı kaplarda 20 mL demineralizasyon solüsyonunda 8 saat bekletildikten sonra yıkanmış ve kurutulmuştur. Ardından yine 20 mL'lik ayrı kaplarda içeriğinde 1,5 mM CaCl₂, 0,9 mM NaH₂PO₄ ve 0,15 M KCl bulunan pH 7,0 olarak ayarlanmış remineralizasyon solüsyonunda 16 saat bekletilmiştir. Bu döngü 14 gün boyunca tekrarlanmıştır. Tüm çözeltiler her 24 saatte bir değiştirilmiştir (Khor vd., 2022).

3.3.3.7 ZEISS EVO LS10 Taramalı Elektron Mikroskobu (Carl Zeiss, Almanya)

Zeiss EVO LS10, örnek yüzeylerinin yüksek çözünürlükte görüntülenmesini sağlayan bir taramalı elektron mikroskobudur. Cihaz, örnek üzerine odaklanan bir elektron demeti aracılığıyla yüzeyden yayılan sinyalleri algılayarak detaylı morfolojik analizler yapmaktadır. Bu model hem yüksek vakum hem de değişken basınç modlarında çalışabilme özelliğine sahiptir. Değişken basınç modu, özellikle biyolojik ve iletken olmayan örneklerin kaplama gerektirmeden incelenmesine olanak tanımaktadır.

EVO LS10, farklı dedektör sistemleriyle donatılmış olup, EDS (enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi) ile kimyasal bileşim analizi de gerçekleştirebilmektedir. Şekil 3.7'de çalışmada kullanılan taramalı elektron mikroskobu gösterilmektedir.



Şekil 3.7: Çalışmada Kullanılan Taramalı Elektron Mikroskobu (ZEISS EVO LS10, Carl Zeiss, Almanya).

3.4 MAKASLAMA BAĞLANMA DAYANIMI TESTİ

28 adet 3. büyük azı dişi her bir grupta 7 diş olacak şekilde rastgele 4 gruba ayrılmıştır. Çalışma grupları Tablo 3.3’ de gösterilmektedir.

Grup 1: %38 GDF jel (Advantage Arrest, Elevate Oral Care, ABD) uygulamasından 1 hafta sonra cam iyonomer siman ile (Equia Forte, GC, Tokyo, Japonya) restorasyonlar yapılmıştır.

Grup 2: %38 GDF likit (Advantage Arrest, Elevate Oral Care, ABD) uygulamasından 1 hafta sonra cam iyonomer siman ile (Equia Forte, GC, Tokyo, Japonya) restorasyonlar yapılmıştır.

Grup 3: %38 GDF + KI (Riva Star, SDI, Australia) uygulamasından 1 hafta sonra cam iyonomer siman ile (Equia Forte, GC, Tokyo, Japonya) restorasyonlar yapılmıştır.

Grup 4: Negatif kontrol grubuna herhangi bir remineralizasyon ajanı uygulanmadan 1 hafta sonra cam iyonomer siman ile (Equia Forte,GC, Tokyo, Japonya) restorasyonlar yapılmıştır.

Tablo 3.3: Çalışma Grupları.

Grup	Remineralizasyon Ajanı ve Restorasyon Uygulama
1	%38 GDF Jel (Advantage Arrest, Elevate Oral Care, ABD) Uygulamasından 1 Hafta sonra Cam İyonomer Siman (Equia Forte, GC, Tokyo, Japonya) ile Restorasyonu Yapılmıştır.
2	%38 GDF Likit (Advantage Arrest, Elevate Oral Care, ABD) Uygulamasından 1 Hafta sonra Cam İyonomer Siman (Equia Forte, GC, Tokyo, Japonya) ile Restorasyonu Yapılmıştır.
3	%38 GDF + KI (Riva Star, SDI, Australia) Uygulamasından 1 Hafta sonra Cam İyonomer Siman (Equia Forte, GC, Tokyo, Japonya) ile Restorasyonu Yapılmıştır.
4	Negatif Kontrol Grubu'na herhangi bir Remineralizasyon Ajanı Uygulanmadan 1 Hafta sonra Cam İyonomer Siman ile (Equia Forte, GC, Tokyo, Japonya) Restorasyonlar Yapılmıştır.

3.4.1 Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi için Örneklerin Hazırlanması

Üzerinde bulunan doku artıkları periodontal el aletleriyle uzaklaştırılan dişler silikondan hazırlanan kalıpların içerisine soğuk akrilik (IMICRYL, Konya, Türkiye) ile oklüzal yüzeyleri dışarıda kalacak şekilde kole bölgesinin altından gömülmüştür (Şekil 3.8).



Şekil 3.8: Dişlerin Gömülmesi için Hazırlanan Silikon Kalıp ve Oklüzal Yüzeyi Dışarıda Kalacak Şekilde Akriliğe Gömülmüş Diş Örneği.

Düz bir dentin yüzeyi elde edilebilmek amacıyla, toplam 28 adet dişin oklüzal yüzeyleri, hassas kesme cihazı ile elmas disk kullanılarak düşük devirde su soğutması altında midkoronal dentin seviyesinden kesilerek hazırlanmıştır. Hassas kesme cihazı (Mecatome T180, PRESI, Eybens, Fransa) içerisinde kesit alınan diş örneği Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



Şekil 3.9: Hassas Kesme Cihazı İçerisine Yerleştirilmiş Diş Örneği

Örnekler öncelikle düz dentin yüzeyleri açığa çıkartmak amacıyla hassas kesme cihazına yerleştirilebilmek için dikdörtgen formda silikon kalıptan yararlanılarak soğuk akriliğe gömülmüştür. Dentin yüzeyleri açığa çıkartılan örnekleri bağlanma dayanımı test cihazına sabit ve uygun şekilde yerleştirebilmek için cihazın boyutlarına uygun olarak yeniden kare formda silikondan hazırlanan kalıplar içerisine açığa çıkartılmış dentin yüzeyi dışarıda kalacak şekilde soğuk akriliğe gömülmüştür (Şekil 3.10).



Şekil 3.10: Dişlerin Gömülmesi için Hazırlanan Silikon Kalıp ve Soğuk Akriliğe Gömülmüş Diş Örneği.

3.4.2 Yapay Dentin Çürüğü Oluşturma

Oklüzal mine tabakası hassas kesme cihazında kaldırılan dişlerin yüzeyinde yapay dentin çürükleri oluşturmak amacıyla İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Temel Bilimler Anabilim Dalı Biyokimya Bilim Dalı'nda literatüre uygun şekilde demineralizasyon solüsyonu hazırlanmıştır. Çürükten etkilenmiş dentini simüle etmek için pH siklusu yöntemi kullanılmıştır. Demineralizasyon solüsyonu olarak 2,2 mM CaCl_2 , 2,2 mM NaH_2PO_4 ve 50 mM asetik asit hazırlanmış ve pH 4,5 olarak ayarlanmıştır. Oklüzal mine tabakası kaldırılan 3. büyük azı dişleri ayrı ayrı kaplarda 20 mL demineralizasyon solüsyonunda 8 saat bekletildikten sonra yıkanmış ve kurutulmuştur. Ardından yine 20 mL'lik ayrı kaplarda içeriğinde 1,5 mM CaCl_2 , 0,9 mM NaH_2PO_4 ve 0,15 M KCl bulunan pH 7,0 olarak ayarlanmış remineralizasyon solüsyonunda 16 saat bekletilmiştir. Bu döngü 14 gün boyunca tekrarlanmıştır. Tüm çözeltiler her 24 saatte bir değiştirilmiştir (Khor vd., 2022).

3.4.3 Kavite Hazırlayıcı ve Remineralizasyon Ajanlarının Uygulaması

Tüm örneklerin yüzeylerine, mikrofırça yardımıyla 10 saniye süreyle kavite hazırlayıcı ajan (Cavity Conditioner, GC Corp., Tokyo, Japonya) uygulanmıştır (Şekil 3.11). Uygulamanın ardından yüzeyler 10 saniye boyunca distile su ile yıkanmış ve hava spreyi kullanılarak kurutulmuştur.



Şekil 3.11: Mikro Fırça Yardımı ile Kavite Hazırlayıcı Uygulaması.

İlk grupta %38 GDF (Advantage Arrest, Elevate Oral Care, ABD) jel formu yüzeyleri kavite hazırlayıcı ile hazırlanan tüm örneklerle 3 dakika boyunca mikro fırça yardımı ile uygulanmıştır. Fazlalıklar pamuk rulo ile temizlenmiştir. Şekil 3.12’de diş yüzeyine mikro fırça ile GDF jel uygulaması ve uygulama sırasında kullanılan gereçler gösterilmektedir.



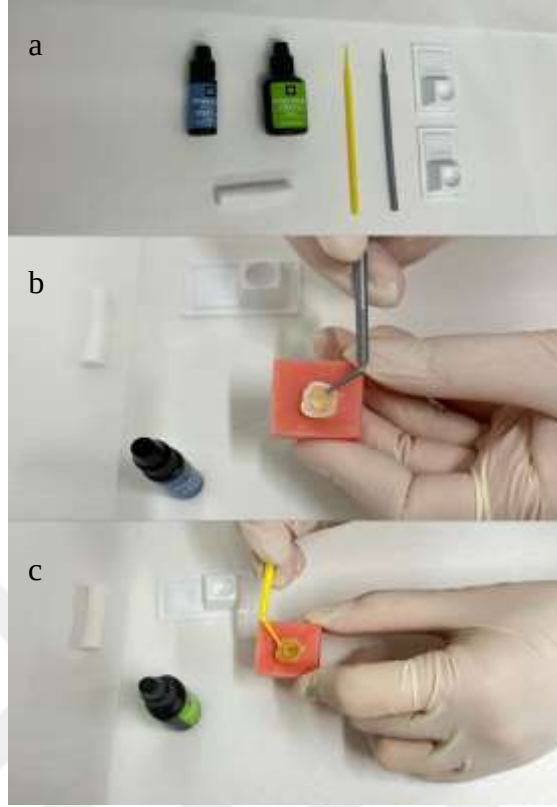
Şekil 3.12: GDF Jel Formülasyonunun Mikro Fırça ile Yüzeye Uygulanması.

İkinci grupta ise %38 GDF (Advantage Arrest, Elevate Oral Care, ABD) likit formu ilk gruba uygulandığı gibi yüzeyleri kavite hazırlayıcı ile hazırlanan tüm örneklerle 3 dakika boyunca mikro fırça yardımı ile uygulanmıştır. Fazlalıklar pamuk rulo ile temizlenmiştir (Şekil 3.13)



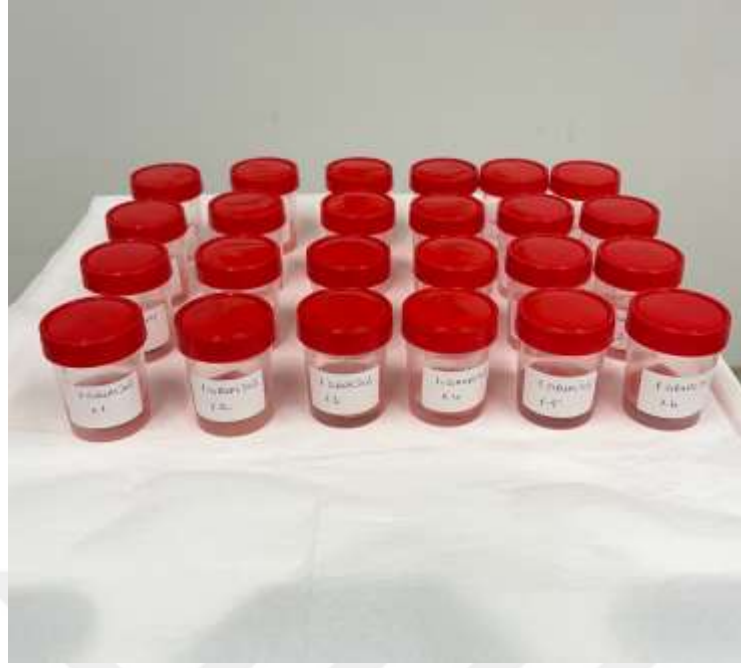
Şekil 3.13: GDF Likit Formülasyonunun Mikro Fırça ile Yüzeye Uygulanması.

Üçüncü grupta kavite hazırlayıcı ile hazırlanan yüzeyler GDF+KI (Riva Star, SDI, Avustralya) ile tedavi edilmiştir. Riva Star paketi içerisinde çıkan gri renkli mikrofırça yardımıyla 1 dakika boyunca GDF uygulanmıştır. Uygulamadan hemen sonra yine farklı bir mikro fırça yardımıyla ayrı bir kaba alınan KI solüsyonu yüzeye uygulanmıştır. Beyaz çökelti oluşumu gözlenmeyene kadar uygulamaya devam edilmiştir ve sonrasında kavite 30 saniye boyunca bol su ile yıkanmıştır. Ardından 5 saniye hava ile kurutulmuştur (Şekil 3.14).



Şekil 3.14: a. GDF+KI Uygulamasında Gerekli Gereçler b. Mikro Fırça ile GDF Uygulaması c. Mikro Fırça ile KI Uygulaması.

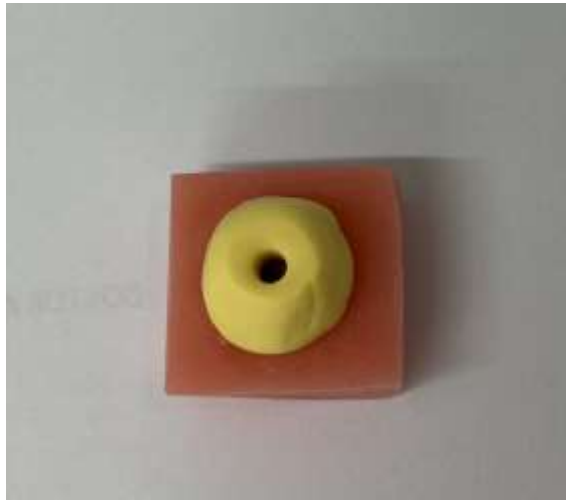
Bir hafta sonra restorasyon uygulanacak olan örnekler bu sürede yapay tükürük içerisinde 37 °C’de etüvde bekletilmek için ayrı ayrı numune kaplarına yerleştirilmiştir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15: Yapay Tükürük İçerisinde Numune Kaplarına Yerleştirilen Örnekler.

3.4.4 Restoratif Materyalin Uygulanması

Gruplara farklı formülasyonlarda GDF uygulamasının ardından, örnekler 37 °C sıcaklıkta etüv içerisinde, yapay tükürük ortamında bir hafta süreyle inkübe edilmiştir. Bu süreç tamamlandıktan sonra tüm örnekler cam iyonomer siman (Equia Forte, GC, Tokyo, Japonya) ile restore edilmiştir. 3 mm çapında 4 mm yüksekliğinde restorasyonlar için hazırlanan silikon kalıplar kullanılmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16: Restorasyon için Hazırlanan Silikon Kalıp.

Restoratif materyal olarak cam iyonomer siman içeren Equia Forte kapsüller tercih edilmiştir. Uygulama öncesinde kapsüller butona basılarak aktive edilmiş ve Capsmix-X kapsül karıştırıcısında 10 saniye süreyle karıştırılmıştır. Hazırlanan materyal, üretici talimatlarına uygun olarak kapsül uygulama tabancası aracılığıyla diş yüzeylerine uygulanmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17: Equia Forte Restoratif Materyalinin Kapsül Tabancası ile Uygulanması.

Restorasyonun tamamlanmasının ardından bitirme işlemleri yapıp Equia Coat uygulanarak 20 saniye ışık cihazı ile polimerizasyonu yapılmıştır (Şekil 3.18).



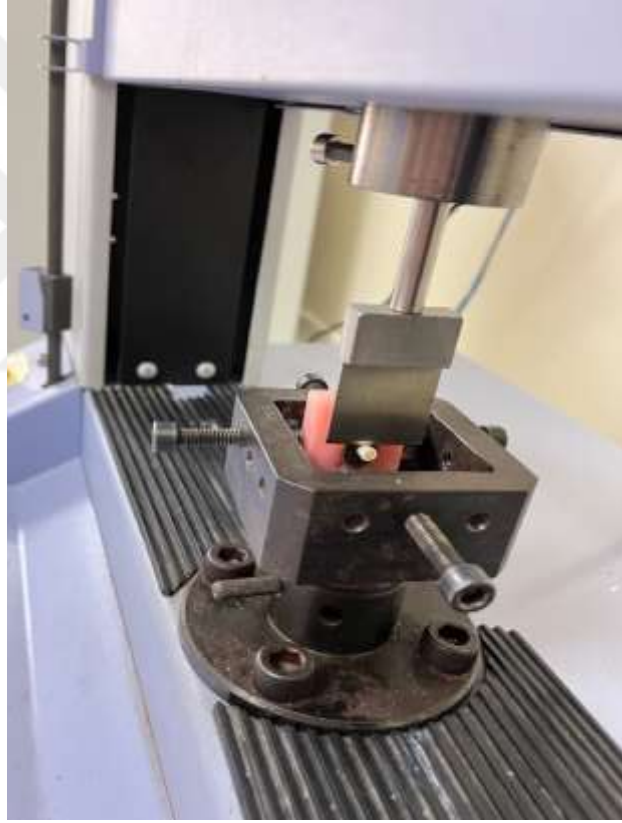
Şekil 3.18: Equia Coat Uygulanması.

3.4.5 Restoratif Materyalin Makaslama Bağlanma Dayanımının Belirlenmesi

Restoratif materyal uygulamalarının tamamlanmasını takiben, numuneler 24 saat bekletildikten sonra makaslama bağlanma dayanımı testleri gerçekleştirilmiştir.

Hazırlanan numunelerin makaslama bağlanma dayanımı ölçümleri, Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Sert Doku Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan Instron Universal test cihazında yapılmıştır. Test sırasında kullanılan bıçak sırtı formundaki metal uç, keskin kenarı diş yüzeyine paralel olacak biçimde; restoratif materyal ile diş dokusu arasındaki birleşim hattına dik ve mümkün olan en yakın mesafede konumlandırılmıştır (Şekil 3.19).

Restoratif materyalin diş yüzeyinden tamamen ayrılmasına kadar, numunelere 0,5 mm/dk sabit kafa hızı ile yük uygulanmıştır. Kopma anında kaydedilen maksimum kuvvet değerleri, cihaza entegre olan yazılım programı aracılığıyla megapaskal (MPa) cinsinden otomatik olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.19: Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi için Cihaza Yerleştirilen Örnek.

3.4.6 Stereo Mikroskop ile Kırık Tiplerinin Sınıflandırılması

Kırılma tiplerinin belirlenebilmesi amacıyla, örneklerin kırılma yüzeyleri stereomikroskop altında X30 büyütme ile incelenmiştir. Kırık tipleri, aşağıda belirtilen sınıflandırma esas alınarak belirlenmiş ve elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır.

- a. Adeziv kırık: Kırığın %75 veya daha fazlası diş ile restoratif materyal arasındaki ara yüzdedir.
- b. Kohezif kırık: Kırığın %75 veya daha fazlasının restoratif materyalin ya da diş dokusunun kendi yapısı içerisinde meydana gelmesidir.
- c. Karma kırık: Her iki yapıyı içeren adeziv-restoratif materyal-diş dokusunda karma başarısızlık gözlenmesidir.

3.4.7 Taramalı Elektron Mikroskop İncelemesi (SEM)

Her gruptan rastgele seçilen birer tane kırık örnek, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Kırılma yüzeylerine ilişkin değerlendirmeler, X50 ile X5000 büyütme aralığında gerçekleştirilmiş ve elde edilen görüntülerin mikro fotoğrafları alınarak kaydedilmiştir.

3.5 MİKROSIZINTI TESTİ

28 adet 3. büyük azı dişi her bir grupta 7 diş olacak şekilde rastgele 4 gruba ayrılmıştır.

Grup 1: %38 GDF jel (Advantage Arrest, Elevate Oral Care, ABD) uygulamasından 1 hafta sonra cam iyonomer siman (Equia Forte, GC, Tokyo, Japonya) restorasyonu yapılmıştır.

Grup 2: %38 GDF likit (Advantage Arrest, Elevate Oral Care, ABD) uygulamasından 1 hafta sonra cam iyonomer siman (Equia Forte, GC, Tokyo, Japonya) restorasyonu yapılmıştır.

Grup 3: %38 GDF + KI (Riva Star, SDI, Australia) uygulamasından 1 hafta sonra cam iyonomer siman (Equia Forte, GC, Tokyo, Japonya) restorasyonu yapılmıştır.

Grup 4: Negatif kontrol grubuna herhangi bir remineralizasyon ajanı uygulanmadan 1 hafta sonra cam iyonomer siman (Equia Forte, GC, Tokyo, Japonya) restorasyonu yapılmıştır.

3.5.1 Mikrosızıntı Testi için Örneklerin Hazırlanması

Her bir dişin bukkal yüzeyine, mine-sement birleşim hattının yaklaşık 1 mm koronalinde kalacak şekilde, 4×3×2 mm boyutlarında sınıf V kavite preparasyonu gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.20). Tüm kavite preparasyonları, yüksek devirli aeratör cihazı ve elmas rond frezler

kullanılarak, su soğutması altında hazırlanmıştır. Frezler her beş kavite uygulamasından sonra değiştirilmiştir. Kavite derinlikleri, işaretlenmiş periodontal sond yardımı ile kontrol edilmiştir. Her bir dişin kök ucu, sızıntıyı önlemek amacıyla kompozit rezin ile kapatılmıştır. Ardından, restorasyon sınırlarının 1 mm çevresi hariç tutulacak şekilde, tüm yüzeyler iki kat tırnak cilasıyla kaplanarak izole edilmiştir (Şekil 3.21). Kesit alma işlemlerinin rahat yapılabilmesi için örnekler silikon kalıplar hazırlanarak soğuk akrilik içerisine gömülmüştür (Şekil 3.22).



Şekil 3.20: Sınıf V Kavite Açılmış Diş Örneği.



Şekil 3.21: Tırnak Cilası ile Kaplanmış Diş Örneği.



Şekil 3.22: Akrilik Bloğa Gömülmüş Diş Örneği.

3.5.2 Kavite Hazırlayıcı ve Remineralizasyon Ajanlarının Uygulaması

Tüm örneklerin kavite yüzeylerine, mikrofırça yardımıyla 10 saniye süreyle kavite hazırlayıcı ajan uygulanmıştır (Şekil 3.23). Uygulamanın ardından yüzeyler 10 saniye boyunca distile su ile yıkanmış ve hava spreyi kullanılarak kurutulmuştur.



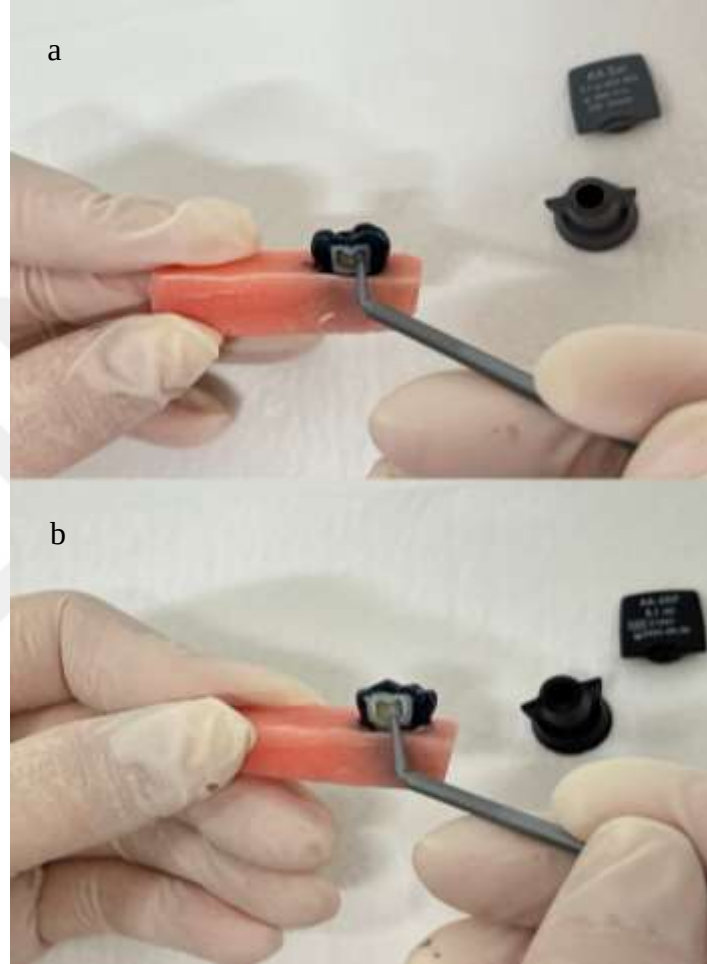
Şekil 3.23: Mikro Fırça Yardımı ile Kavite Hazırlayıcı Uygulaması.

İlk gruba yine makaslama bağlanma dayanımı testi için hazırlanan örneklerdeki gibi %38 GDF (Advantage Arrest, Elevate Oral Care, ABD) jel formu kavite hazırlayıcı uygulanan tüm örnekler 3 dakika boyunca mikro fırça yardımı ile uygulanmıştır (Şekil 3.24). Fazlalıklar pamuk rulo ile temizlenmiştir.

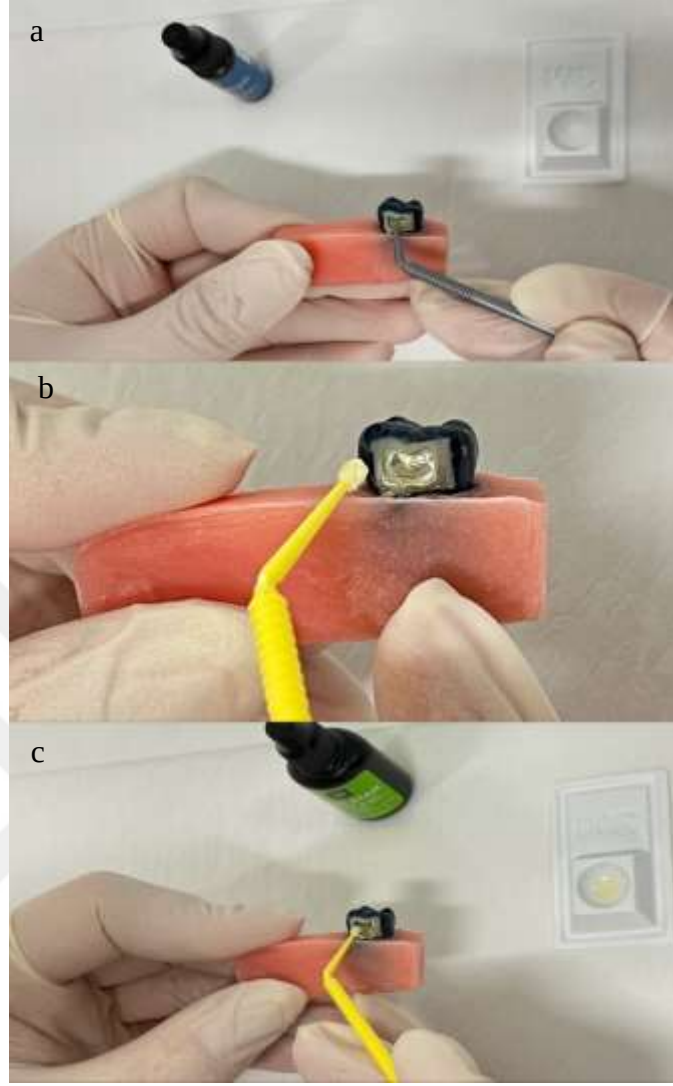
İkinci gruba ise %38 GDF (Advantage Arrest, Elevate Oral Care, ABD) likit formu ilk gruba uygulandığı gibi kavite hazırlayıcı uygulanan tüm örnekler 3 dakika boyunca mikro fırça yardımı ile uygulanmıştır. Fazlalıklar pamuk rulo ile temizlenmiştir (Şekil 3.24).

Üçüncü grupta kavite hazırlayıcı ile hazırlanan kavite GDF+KI (Riva Star, SDI, Avustralya) ile tedavi edilmiştir. Riva Star paketi içerisinde çıkan gri renkli mikrofırça yardımıyla 1 dakika boyunca uygulanmıştır. Uygulamadan hemen sonra yine farklı bir mikro fırça

yardımla ayrı bir kaba alınan KI solüsyonu yüzeye uygulanmıştır. Beyaz çökelti oluşumu gözlenmeyene kadar uygulamaya devam edilmiştir ve sonrasında kavite 30 saniye boyunca bol su ile yıkanmıştır. Ardından 5 saniye hava ile kurutulmuştur. Şekil 3.25'te GDF+KI uygulaması gösterilmektedir.



Şekil 3.24: a. GDF Jel Formülasyonunun Mikro Fırça Yardımı ile Uygulanması b. GDF Likit Formülasyonunun Mikro Fırça ile Uygulanması.



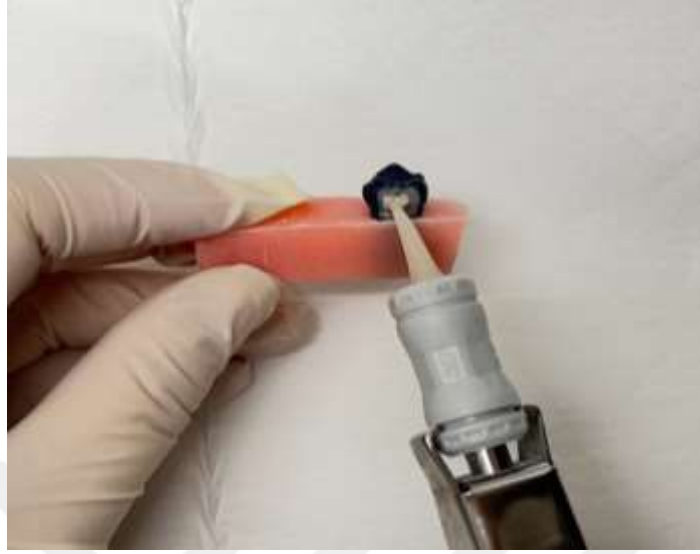
Şekil 3.25: a. Mikro Fırça ile GDF Uygulaması b. Mikro Fırça ile KI Uygulaması Sonucu Oluşan Beyaz Çökelti c. Mikro Fırça ile KI Uygulamasının Tekrarlanması.

Bir hafta sonra restorasyon uygulanacak olan örnekler bu süre içerisinde yapay tükürükte 37 °C’de etüvde bekletilmek için ayrı ayrı numune kaplarına yerleştirilmiştir.

3.5.3 Restoratif Materyalin Uygulanması

Gruplara farklı formülasyonlarda GDF uygulamasının ardından, örnekler 37 °C sıcaklıkta etüv içerisinde, yapay tükürük ortamında bir hafta süreyle inkübe edilmiştir. Bu süreç tamamlandıktan sonra tüm örnekler restore edilmiştir. Restoratif materyal olarak cam iyonomer siman içeren Equia Forte kapsüller tercih edilmiştir. Uygulama öncesinde kapsüller butona basılarak aktive edilmiş ve Capsmix-X kapsül karıştırıcısında 10 saniye

süreyle karıştırılmıştır. Hazırlanan materyal, üretici talimatlarına uygun olarak kapsül uygulama tabancası aracılığıyla kaviteye uygulanmıştır (Şekil 3.26).



Şekil 3.26: Equia Forte Restoratif Materyalinin Kapsül Tabancası ile Kaviteye Uygulanması.

Restorasyonun tamamlanmasının ardından bitirme işlemleri yapıp Equia Coat uygulanarak 20 saniye ışık cihazı ile polimerizasyonu yapılmıştır (Şekil 3.27).



Şekil 3.27: Mikro Fırça Yardımı ile Equia Coat Uygulanması.

3.5.3.1 Termal siklus uygulaması

Restorasyonları tamamlanan örnekler, distile su içerisinde 37 °C sıcaklıkta etüvde 24 saat bekletilmiştir. Ardından, termal stresin simülasyonu amacıyla örnekler, 500 döngülük termal sıklusa tabi tutulmuştur. Bu işlem, MOD Dental (Ankara, Türkiye) tarafından üretilen termal siklus cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Termal döngü uygulaması, +5 °C ve +55 °C

(± 2 °C) sıcaklıklara sahip iki ayrı su banyosu arasında, her bir geçiş için 5 saniyelik transfer süresi ve 30 saniyelik bekletme süresi ile yapılmıştır.

3.5.4 Mikrosızıntı Değerlendirmesi ve Uygulanan Yöntem

Örnekler, %0,5'lik bazik fuksin solüsyonunda 37 °C sıcaklıkta etüvde 24 saat bekletildikten sonra, distile su ile yıkanmış ve hava spreyi ile kurutulmuştur. Ardından akrilik bloklar içerisine yerleştirilen örneklerden, restorasyonun tam ortasından bukkolingual yönde uzanan longitudinal kesitler, kesit alma cihazı (Mecatome T180, PRESI, Fransa) kullanılarak elde edilmiştir. Kesit alınan numunelerde diş ve restorasyon arasındaki arayüzeyde meydana gelen mikrosızıntının değerlendirilmesi amacıyla, her bir örneğin bir kesiti, 20× büyütme altında stereomikroskop (Nikon SMZ745T, Nikon Enstruments, ABD) ile incelenmiş ve mikroskopa entegre dijital fotoğraf makinesi (Nikon Digital Sight 1000, Nikon Enstruments, ABD) aracılığıyla görüntülenerek dijital kayıtları elde edilmiştir.

Hem gingival hem de oklüzal kenarlarındaki mikrosızıntının değerlendirilmesi amacıyla, aşağıda sunulan skrlama sistemi kullanılmıştır.

- 0: Kavite duvarında boya penetrasyonu yok.
- 1: Boya penetrasyonu kavite duvarının 1/3'ne kadar mevcut.
- 2: Boya penetrasyonu kavite duvarının 2/3'ne kadar mevcut.
- 3: Boya penetrasyonu kavite duvarı boyunca mevcut.
- 4: Boya penetrasyonu tüm aksiyel duvar boyunca yayılmış durumda mevcut.

3.6 İSTATİSTİK

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 programı kullanılmıştır. Parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro Wilk testleri ile değerlendirilmiş ve parametrelerin normal dağılım göstermediği saptanmıştır. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metodların (ortalama, standart sapma, medyan, 25. percentil, 50. percentil ve frekans) yanısıra niceliksel verilerin karşılaştırılmasında parametrelerin gruplar arası karşılaştırmalarında Kruskal Wallis testi kullanılmıştır. Niteliksel verilerin karşılaştırılmasında ise Fisher Freeman Halton Exact Ki-kare testi kullanılmıştır. Anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1 MAKASLAMA BAĞLANMA DAYANIMI TESTİ BULGULARI

Çalışma grupları tablo halinde aşağıda gösterilmektedir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Çalışma Grupları.

Grup	SMART
1	%38 GDF Jel (Advantage Arrest,) + Cam İyonomer Siman (Equia Forte)
2	%38 GDF Likit (Advantage Arrest) + Cam İyonomer Siman (Equia Forte)
3	%38 GDF + KI (Riva Star) + Cam İyonomer Siman (Equia Forte)
4	Negatif Kontrol Grubu: Cam İyonomer Siman (Equia Forte)

Tüm gruplara (Tablo 4.1) ait ortalama bağlanma dayanımı ve medyan değerleri Tablo 4.2.'de görülmektedir. Bağlanma dayanımı grafiği ise Şekil 4.1'de görülmektedir.

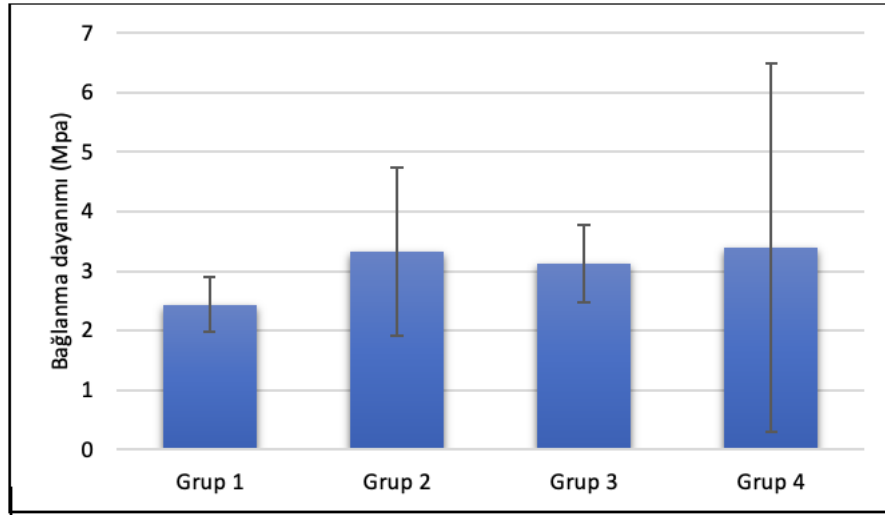
Gruplar arasında makaslama bağlanma dayanımları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p=0.259$).

Bağlanma dayanımı ortalama değerleri incelendiğinde, negatif kontrol grubu olan Grup 4 en yüksek ortalama değeri göstermesine rağmen (Ort $\pm$ SS: 3.39 $\pm$ 3.10), bu grupta gözlenen yüksek standart sapma, verilerdeki değişkenliğin fazla olduğunu ortaya koymaktadır. Medyan değerlere göre ise en yüksek bağlanma dayanımı remineralizasyon ajanı olarak %38 GDF + KI (Riva Star, SDI, Australia) uygulanan Grup 3'te (Medyan: 3.21) gözlenmiştir. En düşük ortalama ve medyan değeri gösteren remineralizasyon ajanı olarak %38 GDF Jel (Advantage Arrest, Elevate Oral Care, ABD) uygulanan Grup 1'in (Ort $\pm$ SS: 2.44 $\pm$ 0.46; Medyan: 2.51) bağlanma dayanımının diğer gruplara göre daha sınırlı olduğu dikkat çekmektedir. Ancak Kruskal-Wallis testi ile yapılan karşılaştırma sonuçları, bu farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olmadığını göstermektedir ($p> 0.05$).

Tablo 4.2: Grupların Makaslama Bağlanma Dayanımları Açısından Değerlendirilmesi.

	Bağlanma Dayanımı	
	Ort±SS	Medyan(25P-75P)
Grup 1	2.44±0.46	2.51 (2.09-2.59)
Grup 2	3.33±1.42	2.99 (2.24-5.19)
Grup 3	3.12±0.65	3.21 (2.53-3.82)
Grup 4	3.39±3.10	1.00 (2.55-3.88)
p	0.259	

Kruskal Wallis Test



Şekil 4.1: Bağlanma Dayanımı Grafiği.

4.2 STEREOMİKROSKOP GÖRÜNTÜLEME SONUÇLARI

Tüm gruplarda (Tablo 4.1) makaslama bağlanma dayanımı testinin ardından kırılan örneklerde gözlenen kırık tiplerinin (adeziv, koheziv ve karma) stereomikroskop ile yapılan inceleme sonucunda dağılımları Tablo 4.3'te görülmektedir.

Tablo 4.3: Stereomikroskop İncelemesi Sonucu Tespit Edilen Kırıkların Gruplara Göre Dağılımı.

Grup	Kırılma Tipi (n=7)		
	Adeziv Kırık	Koheziv Kırık	Karma Kırık
Grup 1	2	0	5
Grup 2	4	0	3
Grup 3	4	0	3
Grup 4	3	0	4

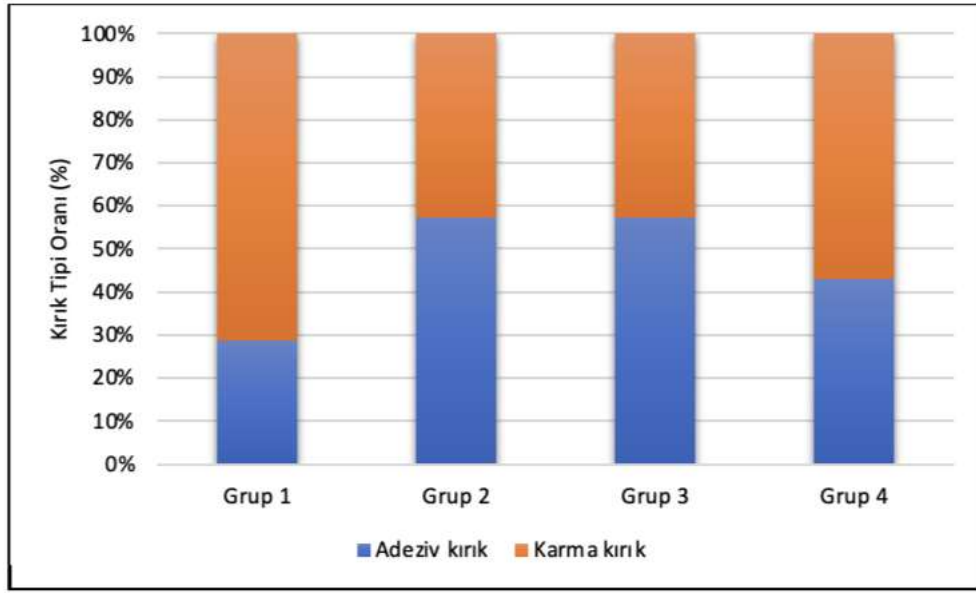
Gruplar arasında gözlemlenen kırık tiplerinin dağılımı incelendiğinde, tüm gruplarda hem adeziv hem de karma kırıklar tespit edilmiştir. Grup 1'de karma kırıklar %71,4 ile baskın olarak görülürken, Grup 2 ve Grup 3'te adeziv kırıkların oranı %57,1 ile karma kırığa göre daha yüksek bulunmuştur. Grup 4'te ise karma kırıklar %57,1 oranında saptanmıştır. Fisher Freeman Halton Exact Test ile yapılan istatistiksel analiz sonucunda gruplar arasında kırık tipi dağılımı açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p=0.840$). Tablo 4.4'te grupların kırılma açısından değerlendirilmesi görülmektedir.

Gruplar arasında kırık tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Grup 1'deki kırıkların %71,4'ü, Grup 2'nin %42,9'u, Grup 3'ün %42,9'u ve Grup 4'ün %57,1'i karma kırıktır. Gruplarda gözlenen kırık tiplerine ait grafik Şekil 4.2'de görülmektedir.

Tablo 4.4: Grupların Kırık Tiplerinin Değerlendirilmesi.

Kırık Tipi	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	p
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	
Adeziv Kırık	2 (%28.6)	4 (%57.1)	4 (%57.1)	3 (%42.9)	0.840
Karma Kırık	5 (%71.4)	3 (%42.9)	3 (%42.9)	4 (%57.1)	

Fisher Freeman Halton Test



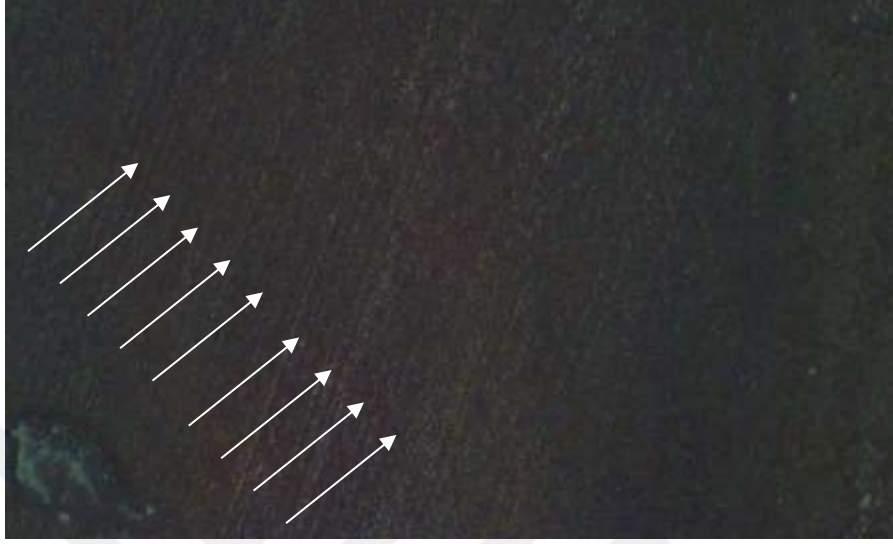
Şekil 4.2: Kırık Tiplerinin Grafiği.

Şekil 4.3'te, remineralizasyon ajanı olarak %38 GDF Jel (Advantage Arrest, Elevate Oral Care, ABD) uygulanan Grup 1'e ait bir örnekte gözlemlenen karma kırık tipine ilişkin stereomikroskop görüntüsü yer almaktadır.



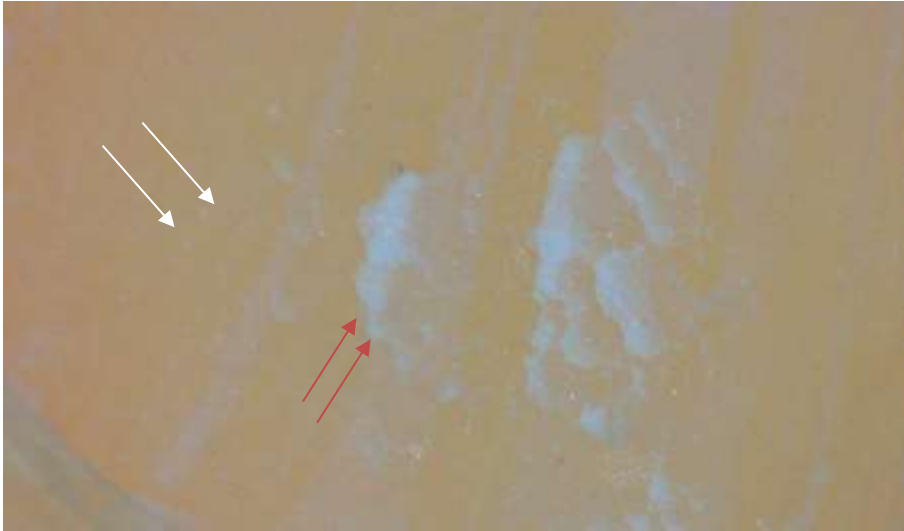
Şekil 4.3: Grup 1'e ait Karma Kırık Oluşan Örneğin X30 Büyütmede Stereomikroskop Görüntüsü (Restoratif Materyalin Diş Yüzeyinden Tamamen Ayrıldığı Bölge Beyaz Ok ile, Diş Yüzeyinde Kalan Kalıntıları ise Kırmızı Ok ile Gösterilmiştir).

Şekil 4.4'te remineralizasyon ajanı olarak %38 GDF Likit (Advantage Arrest, Elevate Oral Care, ABD) uygulanan Grup 2'ye ait bir örnekte gözlemlenen adeziv kırık tipine ilişkin stereomikroskop görüntüsü yer almaktadır.



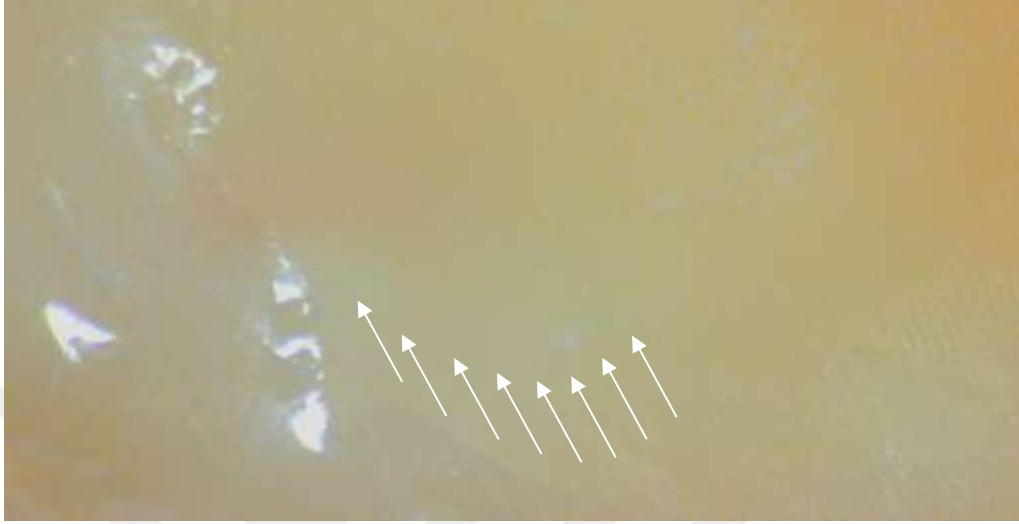
Şekil 4.4: Grup 2'ye ait Adeziv Kırık Oluşan Örneğin X30 Büyütmede Stereomikroskop Görüntüsü (Restorasyonun Diş Yüzeyinden Tamamen Ayrıldığı Bölge Beyaz Ok ile Gösterilmiştir).

Şekil 4.5'te remineralizasyon ajanı olarak %38 GDF + KI (Riva Star, SDI, Australia) uygulanan Grup 3'e ait bir örnekte gözlemlenen karma kırık tipine ilişkin stereomikroskop görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 4.5: Grup 3'e ait Karma Kırık Oluşan Örneğin X30 Büyütmede Stereomikroskop Görüntüsü (Restoratif Materyalin Diş Yüzeyinden Tamamen Ayrıldığı Bölge Beyaz Ok ile, Diş Yüzeyinde Kalan Kalıntıları ise Kırmızı Ok ile Gösterilmiştir).

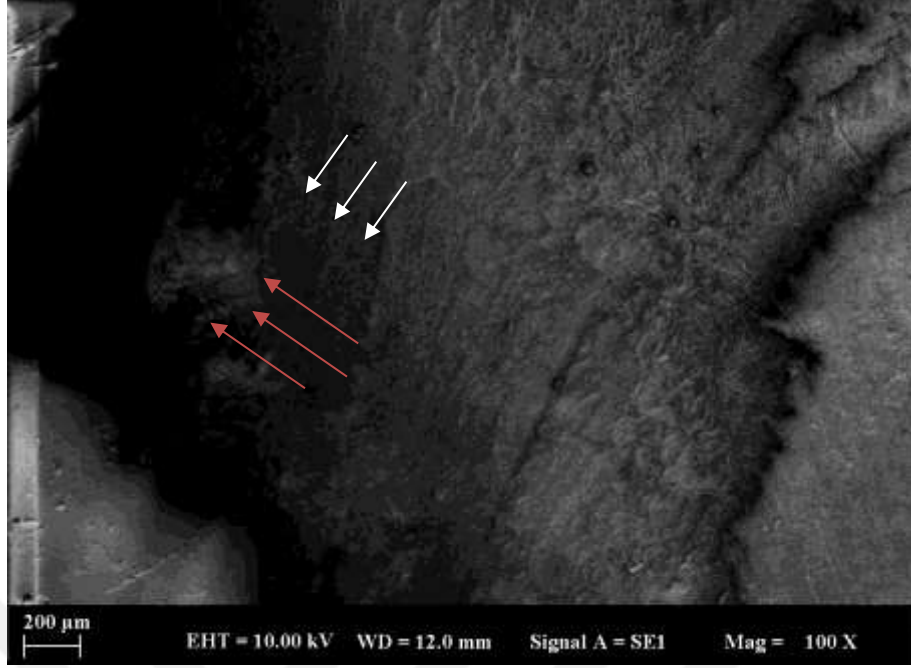
Şekil 4.6’da remineralizasyon ajanı uygulanmamış Negatif Kontrol Grubu olan Grup 4’e ait bir örnekte gözlemlenen adeziv kırık tipine ilişkin stereomikroskop görüntüsü yer almaktadır.



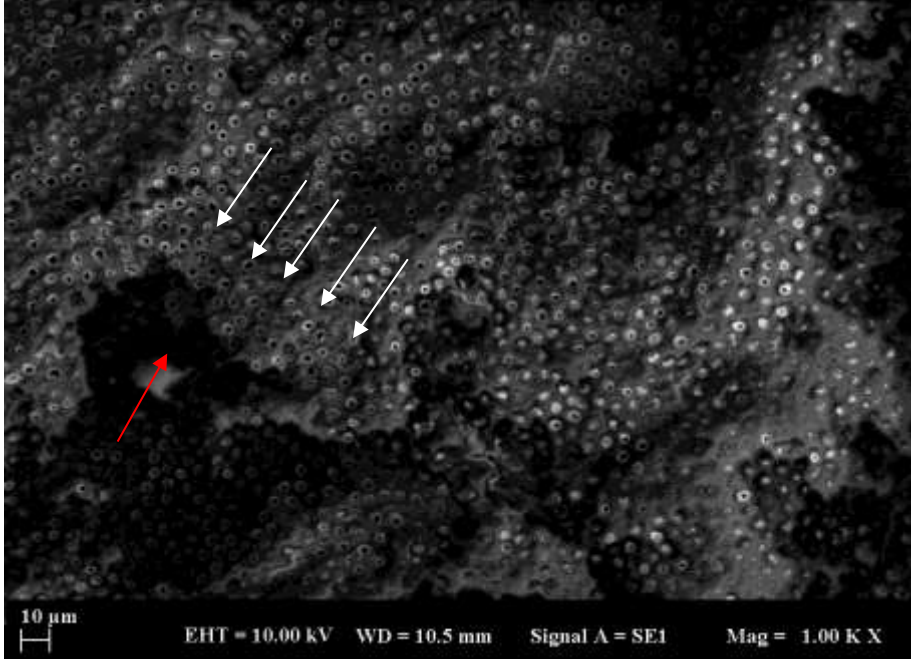
Şekil 4.6: Grup 4’e ait Adeziv Kırık Oluşan Örneğin X30 Büyütmede Stereomikroskop Görüntüsü (Restorasyonun Dış Yüzeyinden Tamamen Ayrıldığı Bölge Beyaz Ok ile Gösterilmiştir).

4.3 TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM) İNCELEME SONUÇLARI

Karma kırık tipinin gözlemlendiği Grup 1’e ait bir örneğin kırılma yüzeyi, taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Bu incelemeye ait X100 büyütme görüntüsü Şekil 4.7’de, X1000 büyütme ile elde edilen detaylı görüntü ise Şekil 4.8 ’de yer almaktadır.

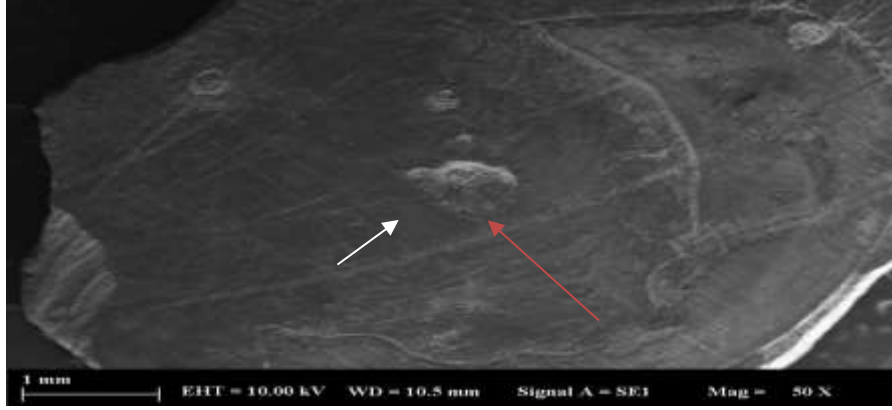


Şekil 4.7: Grup 1'e ait Karma Kırık Gözlemlenen Bir Örneğin Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüsü (X100 büyütme). (Restoratif Materyalin Diş Yüzeyinden Tamamen Ayrıldığı Bölge Beyaz Ok ile, Diş Yüzeyinde Kalan Kalıntıları ise Kırmızı Ok ile Gösterilmiştir).

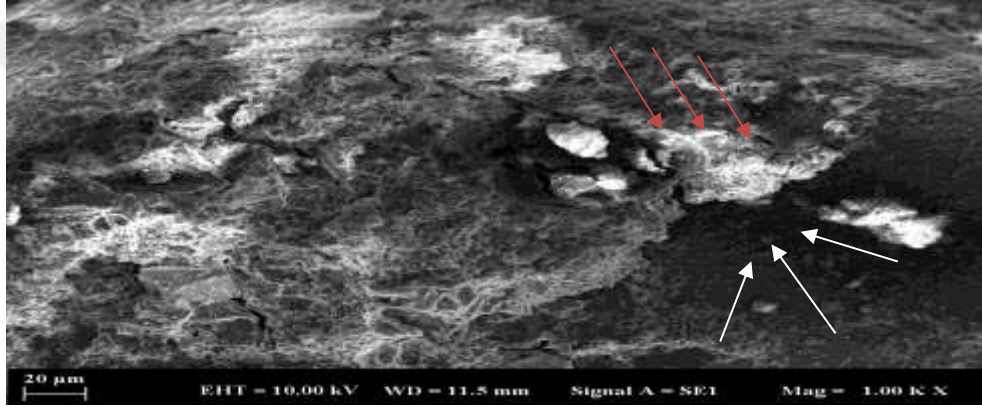


Şekil 4.8: Grup 1'e ait Karma Kırık Gözlemlenen Bir Örneğin Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüsü (X1000 büyütme) (Restoratif Materyalin Diş Yüzeyinden Tamamen Ayrıldığı Bölge Beyaz Ok ile, Diş Yüzeyinde Kalan Kalıntıları ise Kırmızı Ok ile Gösterilmiştir).

Karma kırık tipinin gözlemlendiği Grup 2'ye ait bir örneğin kırılma yüzeyi, taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Bu incelemeye ait X50 büyütme görüntüsü Şekil 4.9'da, X1000 büyütme ile elde edilen detaylı görüntü ise Şekil 4.10 'da yer almaktadır.



Şekil 4.9: Grup 2'ye ait Karma Kırık Gözlemlenen Bir Örneğin Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüsü (X50 büyütme). (Restoratif Materyalin Dış Yüzeyinden Tamamen Ayrıldığı Bölge Beyaz Ok ile, Dış Yüzeyinde Kalan Kalıntıları ise Kırmızı Ok ile Gösterilmiştir).

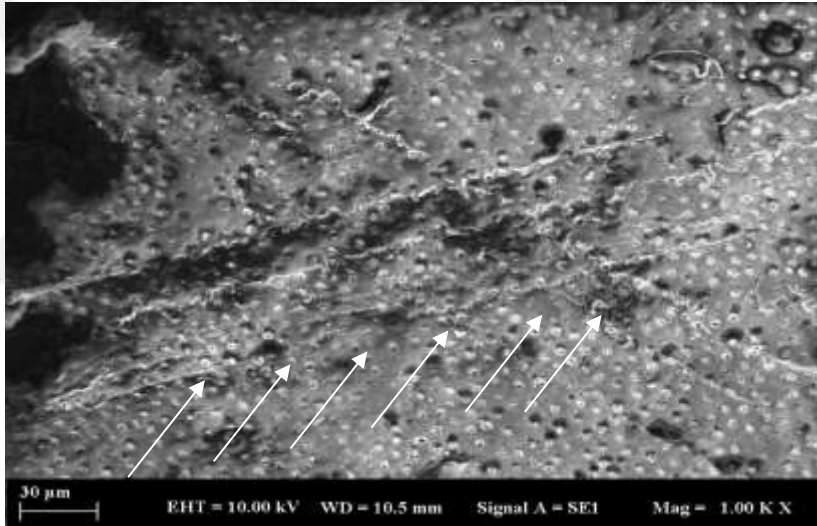


Şekil 4.10: Grup 2'ye ait Karma Kırık Gözlemlenen Bir Örneğin Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüsü (X1000 büyütme). (Restoratif Materyalin Dış Yüzeyinden Tamamen Ayrıldığı Bölge Beyaz Ok ile, Dış Yüzeyinde Kalan Kalıntıları ise Kırmızı Ok ile Gösterilmiştir).

Adeziv kırık tipinin gözlemlendiği Grup 3'e ait bir örneğin kırılma yüzeyi, taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Bu incelemeye ait X100 büyütme görüntüsü Şekil 4.11'de, X1000 büyütme ile elde edilen detaylı görüntü ise Şekil 4.12 'de yer almaktadır.

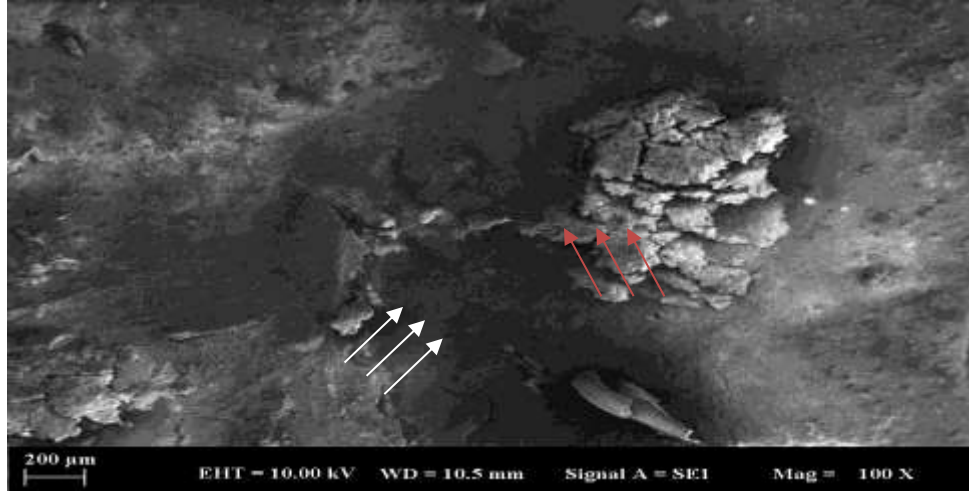


Şekil 4.11: Grup 3'e ait Adeziv Kırık Gözlemlenen Bir Örneğin Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüsü (X100 büyütme). (Restorasyonun Dış Yüzeyinden Tamamen Ayrıldığı Bölge Beyaz Ok ile Gösterilmiştir).

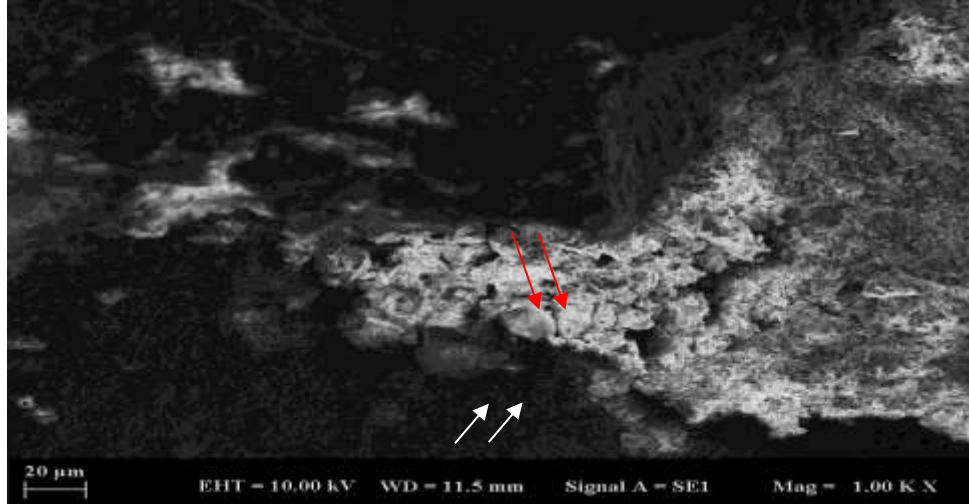


Şekil 4.12: Grup 3'e ait Adeziv Kırık Gözlemlenen Bir Örneğin Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüsü (X1000 büyütme). (Restorasyonun Dış Yüzeyinden Tamamen Ayrıldığı Bölge Beyaz Ok ile Gösterilmiştir).

Karma kırık tipinin gözlemlendiği Grup 4'e ait bir örneğin kırılma yüzeyi, taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Bu incelemeye ait X100 büyütme görüntüsü Şekil 4.13'te, X1000 büyütme ile elde edilen detaylı görüntü ise Şekil 4.14 'te yer almaktadır.



Şekil 4.13: Grup 4'e ait Karma Kırık Gözlemlenen Bir Örneğin Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüsü (X100 büyütme). (Restoratif Materyalin Diş Yüzeyinden Tamamen Ayrıldığı Bölge Beyaz Ok ile, Diş Yüzeyinde Kalan Kalıntıları ise Kırmızı Ok ile Gösterilmiştir).



Şekil 4.14: Grup 4'e ait Karma Kırık Gözlemlenen Bir Örneğin Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüsü (X1000 büyütme). (Restoratif Materyalin Diş Yüzeyinden Tamamen Ayrıldığı Bölge Beyaz Ok ile, Diş Yüzeyinde Kalan Kalıntıları ise Kırmızı Ok ile Gösterilmiştir).

4.4 MİKROSIZINTI TESTİ BULGULARI

Grup 1'in %57,1'inde, Grup 2'nin %28,6'sında, Grup 3'ün %28,6'sında ve Grup 4'ün %28,6'sında oklüzal mikrosızıntı düzeyi skor 1'dir.

En yüksek oklüzal mikrosızıntı oranı Grup 2'de skor 2 olarak gözlenmiştir (%14,3). Gruplar arasında oklüzal mikrosızıntı düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$).

Gingival kenarlarda ise genel olarak mikrosızıntı oranları daha yüksek gözlemlenmiş; özellikle skor 0 olan (boya penetrasyonu olmayan) örneklerin oranı Grup 1'de %85,7 iken,

Grup 4'te bu oran %71,4 olarak belirlenmiştir. Skor 3 (boya penetrasyonu kavite boyunca mevcut) yalnızca Grup 2'de tek bir örnekte tespit edilmiştir (%14,3).

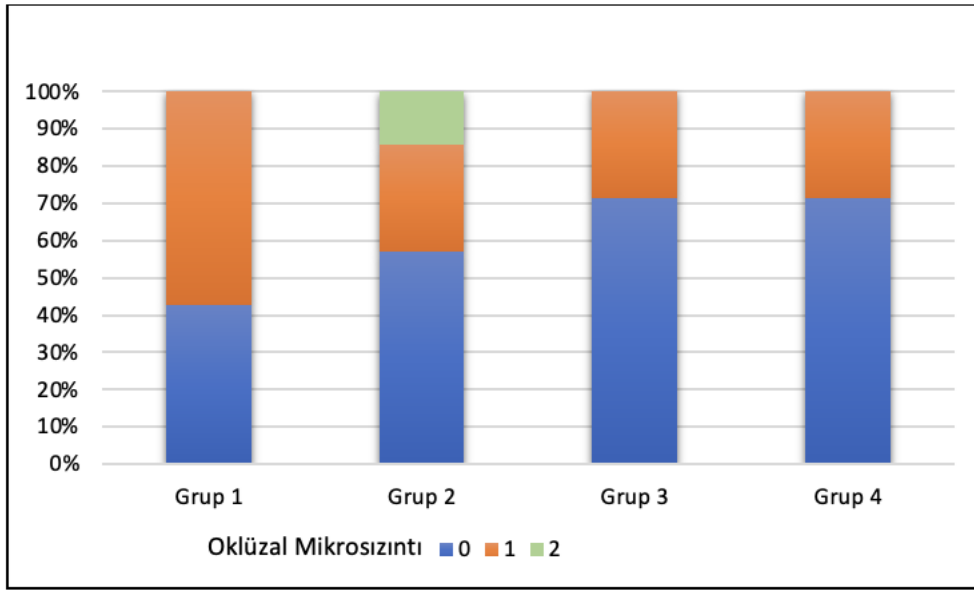
Gruplar arasında gingival mikrosızıntı düzeyleri açısından anlamlılığa yakın ($p=0.059$) olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$). Farklılık anlamlı bulunmamakla birlikte, Grup 3'teki gingival mikrosızıntı düzeyinin 1 olma oranının (%71,4), Grup 1 (%0), Grup 2 (%14,3) ve Grup 4'ten (%28,6) daha yüksek oluşu dikkat çekicidir. Tablo 4.5'te grupların mikrosızıntı açısından değerlendirilmesi görülmektedir. Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da ise sırasıyla oklüzal ve gingival mikrosızıntı grafiği görülmektedir.

Tablo 4.5: Grupların Mikrosızıntı Açısından Değerlendirilmesi.

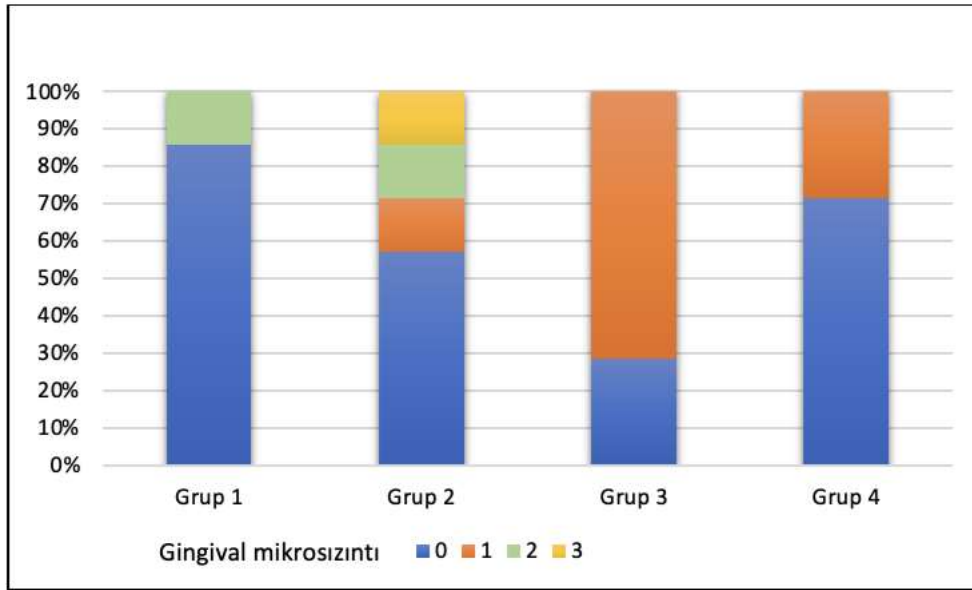
		Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	
		n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	p
Okluzal Mikrosızıntı	0	3 (%42.9)	4 (%57.1)	5(%71.4)	5 (%71.4)	0.723
	1	4 (%57.1)	2 (%28.6)	2 (%28.6)	2 (%28.6)	
	2	0 (%0)	1 (%14.3)	0 (%0)	0 (%0)	
Gingival Mikrosızıntı	0	6 (%85.7)	4 (%57.1)	2 (%28.6)	5 (%71.4)	0.059
	1	0 (%0)	1 (%14.3)	5 (%71.4)	2 (%28.6)	
	2	1 (%14.3)	1 (%14.3)	0 (%0)	0 (%0)	
	3	0 (%0)	1 (%14.3)	0 (%0)	0 (%0)	

Fisher Freeman Halton Test

- 0: Kavite duvarında boya penetrasyonu yok
- 1: Boya penetrasyonu kavite duvarının 1/3'üne kadar mevcut
- 2: Boya penetrasyonu kavite duvarının 2/3'üne kadar mevcut
- 3: Boya penetrasyonu kavite duvarı boyunca mevcut
- 4: Boya penetrasyonu tüm aksiyel duvar boyunca yayılmış durumda mevcut.



Şekil 4.15: Oklüzal Mikrosızıntı Grafiği.



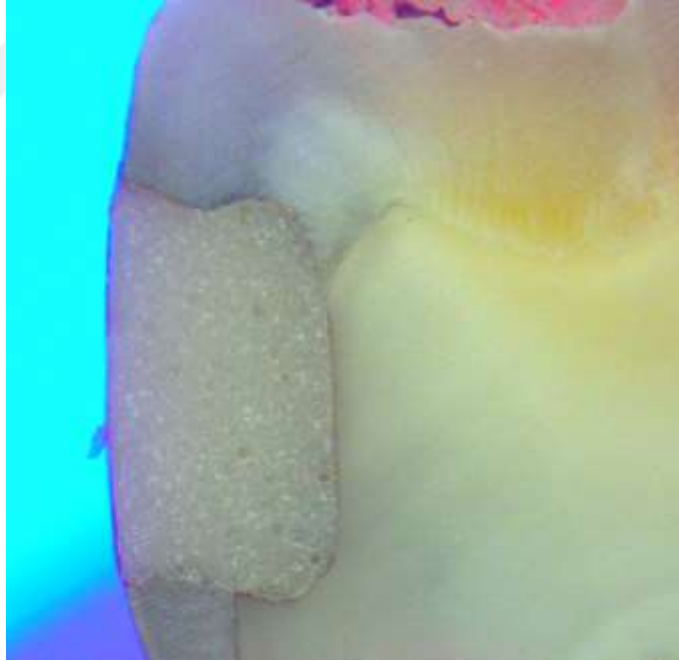
Şekil 4.16 Gingival Mikrosızıntı Grafiği.

Şekil 4.17’de, remineralizasyon ajanı olarak %38 GDF Jel (Advantage Arrest, Elevate Oral Care, ABD) uygulanan Grup 1’e ait oklüzal mikrosızıntı skoru 1 (boya penetrasyonu kavite duvarının 1/3’üne kadar mevcut), gingival mikrosızıntı skoru 0 (kavite duvarında boya penetrasyonu yok) olan örneğin stereomikroskop görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 4.17: Grup 1'e Ait Örneğin Stereomikroskop Görüntüsü.

Şekil 4.18'de, remineralizasyon ajanı olarak %38 GDF Likit (Advantage Arrest, Elevate Oral Care, ABD) uygulanan Grup 2'ye ait, oklüzal mikrosızıntı skoru 1 (boya penetrasyonu kavite duvarının 1/3'üne kadar mevcut), gingival mikrosızıntı skoru 1 (boya penetrasyonu kavite duvarının 1/3'üne kadar mevcut) olan örneğin stereomikroskop görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 4.18: Grup 2'ye Ait Örneğin Stereomikroskop Görüntüsü.

Şekil 4.19'da, remineralizasyon ajanı olarak %38 GDF + KI (Riva Star, SDI, Australia) uygulanan Grup 3'e ait oklüzal mikrosızıntı skoru 0 (kavite duvarında boyanın penetrasyonu yok), gingival mikrosızıntı skoru 1 (boya penetrasyonu kavite duvarının 1/3'üne kadar mevcut) olan örneğin stereomikroskop görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 4.19: Grup 3'e Ait Örneğin Stereomikroskop Görüntüsü.

Şekil 4.20'de, remineralizasyon ajanı uygulanmamış Negatif Kontrol Grubu olan Grup 4'e ait oklüzal mikrosızıntı skoru 1 (boya penetrasyonu kavite duvarının 1/3'üne kadar mevcut), gingival mikrosızıntı skoru 1 (boya penetrasyonu kavite duvarının 1/3'üne kadar mevcut) olan örneğin stereomikroskop görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 4.20: Grup 4'e Ait Örneğin Stereomikroskop Görüntüsü.

5. TARTIŞMA

Erken çocukluk çağı çürüğü (EÇÇ), dünya genelinde çocukluk döneminde en sık görülen kronik hastalık olup, yüksek prevalansı önemli bir halk sağlığı sorunu teşkil etmektedir. 2015 yılına ait Küresel Hastalık Yüğü Çalışması'nda, tedavi edilmemiş EÇÇ'nin dünya çapında 573 milyon çocuğı etkilediğı bildirilmiştir (Kassebaum vd., 2017). Küresel Hastalık Yüğü Çalışması'nda değerlendirmeye alınan 291 sağlık sorunu arasında en yaygın görülenin tedavi edilmemiş diş çürükleri olduğı ortaya konmuştur. Oysa bu durum, büyük ölçüde önlenabilir bir sağlık sorunu olmasına rağmen, son 30 yıl içerisinde prevalansında anlamlı bir azalma kaydedilmemiştir (Pitts vd., 2021).

Geçmişte "biberon çürüğü" olarak adlandırılan erken çocukluk çağı çürüğü (EÇÇ), günümüzde hâlâ çocukluk döneminin en yaygın kronik hastalıklarından biri olmasının yanı sıra önemli bir halk sağlığı sorunu olarak varlığını sürdürmektedir (Zou vd., 2022). EÇÇ'nin yalnızca beslenme alışkanlıklarına bağılı olarak gelişmediğı; çok faktörlü bir etyolojiye sahip olduğı bilinmektedir. Bu etmenler arasında karyojenik mikroorganizmaların varlığı, çocuk ve ebeveynlerde yetersiz ağız hijyeni uygulamaları, flor maruziyetinin yetersizliğı ve mine hipoplazisi gibi yapısal diş anomalileri yer almaktadır (Tinanoff, 2015). Karyojenik mikroorganizmaların sayısının azaltılması ve ağızda mikrobiyal dengenin yeniden sağlanması, demineralize diş dokusunun remineralizasyonunu mümkün kılmakta ve çürük ilerlemesinin durdurulmasına olanak tanımaktadır. Bu nedenle çürük lezyonlarının ilerlemesinin engellenmesi hasta ile ebeveynin veya bakıcının davranış değışikliklerini benimsemesini gerektirmekte olup, sürecin başarısı bireyin bu değışiklimlere uyumuna bağılıdır (Dean, 2021).

Florür içeren ağız bakım ürünlerinin yaygın biçimde kullanılması, son 70 yılda diş çürüğünün prevalansı ve şiddetinde kayda değer azalmalar sağlamıştır. Ancak bu iyileşmeler, toplumun tüm kesimlerine eşit biçimde yansımamıştır (Petersen, 2016). Düşük gelirli bireylerin diyetlerinde yüksek oranda şeker tüketimine daha yatkın oldukları görülmekte ve farklı sosyoekonomik gruplar arasında çürük prevalansında belirgin farklılıklar gözlenmektedir (Thompson vd., 2009). Düşük gelirli gruplarda, diş çürüklerinin büyük çoğunluğunun tedavi edilmeden bırakıldığı gözlemlenmektedir. Bu durumun,

bireylerin yaşam kalitesini ciddi şekilde olumsuz etkilediği ve bireyler, aileler ile toplum düzeyinde önemli ekonomik yükler oluşturduğu bilinmektedir (Chaffee vd., 2017).

Gümüş iyonlarının geniş spektrumlu antimikrobiyal etkisi uzun süredir bilinmektedir. Bunun yanı sıra, düşük toksisite düzeyi, biyouyumluluğu, kontrollü iyon salınımı ile uzun süreli antimikrobiyal etkinlik sağlaması ve bakteriyel direnç gelişiminin sınırlı olması gibi çeşitli avantajlara sahiptir (Kim vd., 2007; Percival vd., 2005).

Diş hekimliği hizmetlerine erişim mümkün olsa dahi, ciddi kronik hastalığı bulunan ve özel bakım gerektiren küçük çocuklara geleneksel tedavi yaklaşımlarının uygulanması çoğu zaman güçlük yaratmaktadır (Crystal & Niederman, 2016). Bu sorunu aşmak amacıyla sıklıkla sedasyon veya genel anestezi gibi farmakolojik yöntemlere başvurulmaktadır. Ancak bu uygulamalar, olası komplikasyonlar bakımından risk içermekte ve aynı zamanda hasta açısından yüksek maliyetli olabilmektedir (Andropoulos & Greene, 2017).

Gümüş diamin florür (GDF), çürük oluşumunu engelleyici ve mevcut çürük lezyonlarının ilerlemesini durdurucu etkileriyle dikkat çeken bir ajan olup; bileşiminde iyonik formda gümüş, florid ve amonyak içermektedir (Burgess & Vaghela, 2018). Çürükle ilişkili dentin yüzeyine uygulandığında, dentin tübüllerini tıkayarak lezyonun ilerlemesini inhibe edebildiği; aynı zamanda dentin hassasiyetini azaltıcı ve güçlü antibakteriyel özellikler sergilediği bildirilmektedir. Ayrıca, GDF'nin demineralize sert dokuların remineralizasyonunu desteklediği ve dentin kolajeninin enzimatik degradasyonunu engelleyerek yapısal bütünlüğünü koruduğu da belirtilmiştir (Seifo vd., 2020).

Gümüş diamin florür (GDF), erken çocukluk çağı çürüklerinin (EÇÇ) yönetiminde etkili bir ajandır. GDF, çürüklerin kontrol altına alınmasında etkili, hızlı uygulanabilir ve eşit erişim sağlayan bir yöntem olarak kabul görmektedir (Rosenblatt vd., 2009b). Günümüzde Amerika Birleşik Devletleri ve bazı ülkelerde diş çürüğü tedavisinde standart bir ağız sağlığı uygulaması haline gelmiştir (Slayton vd., 2018). GDF uygulaması güvenli, basit, ağrısız ve düşük maliyetlidir (Milgrom & Chi, 2011). Uygulama süreci karmaşık prosedürler veya pahalı ekipman gerektirmeksizin anaokulu dönemindeki ve daha küçük yaşlardaki çocuklarda dahi diş çürüğünü durdurmada etkin olarak kullanılmaktadır (Milgrom vd., 2018). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), 2021 yılında GDF'yi Temel İlaçlar Model Listesi'ne dahil etmiştir. Bu liste, öncelikli sağlık sorunlarının tedavisinde en etkili, güvenli ve maliyet

açısından en uygun ilaçları içermektedir (World Health Organization, 2021). Bu tez çalışmasında etkinliği ve avantajlarından dolayı remineralizasyon ajanı olarak gümüş diamin florürün farklı formülasyonları tercih edilmiştir.

GDF, günümüzde düşük viskoziteli %38'lik bir solüsyon formunda bulunmaktadır (Seifo vd., 2020). Ancak bu solüsyonun uygulanması kolay değildir; tükürükle temas ettiğinde kolayca seyreltilip ortamdan uzaklaştırılabilmektedir. Solüsyon formunun hoş olmayan metalik tadı, sıklıkla salya sekresyonunu uyararak, uygulanan ajanın etki göstermeden önce sulanmasına veya ağızdan uzaklaşmasına neden olabilmektedir. Bu durum, genel çürük önleme etkinliğini azaltabileceği gibi, çocukların tedavi deneyimini ve kabul düzeyini de olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Oliveira vd., 2019). Ayrıca akışkan solüsyon formülasyonu çocukların dudak ve yüz bölgesine taşarak istenmeyen yumuşak doku teması ve siyah renklenme oluşturma riski taşımaktadır. Bu sorunları ortadan kaldırmak amacıyla, 2023 yılının başlarında Amerika Birleşik Devletleri'nde topikal uygulamaya uygun %38'lik bir GDF jel (Advantage Arrest, Elevate Oral Care, ABD) formülasyonu geliştirilmiştir. Viskoz ve adeziv jel kıvamı, GDF'nin çürük lezyonlar üzerinde daha iyi tutulmasını sağlayacak şekilde tasarlanmış olup, komşu alanlara yayılma riskini ve buna bağlı olası olumsuz etkileri azaltmayı hedeflemektedir. Ayrıca, jel formülasyonunun, tükürükle hızlı seyrelme ya da mekanik uzaklaştırmaya karşı daha dirençli olması beklenmekte; bu sayede hem çürük durdurma etkinliğinin artırılması hem de çocukların tedavi deneyiminin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır (Jabin vd., 2022). GDF jelin kokusuz oluşu ve metalik tadı büyük ölçüde azaltması, özellikle okul öncesi yaştaki çocuklar açısından kabul edilebilirliğini artırmakta ve bu özelliğiyle klinik uygulamalarda pratikliğini desteklemektedir (Anant vd., 2024).

Dört farklı GDF materyalinin karşılaştırıldığı bu çalışmada, Advantage Arrest'in jel ve likit formlarının karşılaştırılması; yeni geliştirilen jel formülasyonun etkinliğinin, mevcut likit formülasyonla kıyaslandığında farklılık gösterip göstermediğinin değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır. Literatürde yer alan önceki araştırmalar, Advantage Arrest'in remineralizasyon ve çürük durdurma etkinliğinin, diğer gümüş diamin florür (GDF) solüsyonlarıyla benzer olduğunu ortaya koymuştur. Örneğin Kale ve çalışma arkadaşlarının in vitro yürüttükleri çalışmada, Advantage Arrest ile %38'lik e-SDF çözeltisi karşılaştırılmış ve her iki ajan da mine ve dentin lezyonlarında benzer düzeyde gümüş ve florür birikimi

sağlayarak çürük ilerlemesini anlamlı biçimde azalttığı gösterilmiştir (Kale vd., 2022). Benzer şekilde, Yan ve çalışma arkadaşları tarafından yürütülen bir başka in vitro çalışmada, Advantage Arrest; e-GDF, Riva Star, Saforide ve Topamine ile karşılaştırılmış ve uzun süreli stabilitesi sayesinde klinik uygulamalarda avantaj sunabileceği bildirilmiştir (Yan, Zheng, Yin, vd., 2023). Literatürde gümüş diamin florürün (GDF) jel formuna ilişkin sınırlı sayıda veri bulunması nedeniyle, bu formülasyonun bu çalışmada ayrı bir grup olarak değerlendirilmesi önemli bir katkı niteliğindedir. Advantage Arrest gibi GDF ürünlerinin jel formüboralasyonu, uygulama sırasında materyalin akışkanlığını azaltarak ajanı hedeflenen bölgede tutmak amacıyla geliştirilmiştir. Ancak bunun bağlanma dayanımı ve mikrosızıntı üzerindeki etkinliği açık değildir. Bu çalışmanın, jel formülasyonunun likit forma kıyasla etkinlik bakımından fark gösterip göstermediğini ortaya koyarak klinisyenlere uygun materyal seçimi konusunda rehberlik edeceği düşünülmektedir. Jel formun, likit forma kıyasla daha az ya da daha fazla makaslama bağlanma dayanımı ve mikrosızıntı değeri göstermesi durumunda, bu bulgu pedodontide tedavi planlamasını doğrudan etkileyebilecek niteliktedir. Bu yönüyle, bu çalışmadan elde edilen bulguların GDF uygulamalarına ilişkin klinik karar verme sürecine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu doğrultuda mevcut çalışma protokolü, Advantage Arrest'in jel formunu likit form ile doğrudan karşılaştıran az sayıdaki çalışmadan biri olma niteliği taşıyarak literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmada Advantage Arrest jel formunun makaslama bağlanma dayanımı ve mikrosızıntı değeri, doğrudan likit formu ile ve diğer GDF ajanı olan Riva Star ile kıyaslanarak elde edilen sonuçlarda gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Yapılan bir in vitro çalışmada, %38'lik GDF jel formülasyonunun dentin tübüllerine nüfuz ederek bu tübüller tıkayabildiği bildirilmiştir; bu durum, klinik etkinliğin sağlanması açısından gerekli bir özelliktir (Kiesow vd., 2022).

Jel formu, çürük lezyonlarına daha az zorlukla, hızlı ve hassas bir şekilde uygulanabilmektedir. Ancak bugüne kadar, GDF jel formülasyonunun diş çürüklerini durdurmadaki etkinliğini test eden herhangi bir klinik çalışma yapılmamış, ayrıca GDF jel ve solüsyon formlarının etkinlikleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmemiştir. Teorik olarak, GDF jel formunun EÇÇ'nin durdurulmasında GDF solüsyonu ile benzer etki göstermesi beklenmektedir. GDF jelinin, çürüklerin ilerlemesini durdurma açısından GDF solüsyonuna karşı daha düşük etkili olmadığını gösterebilmek için iyi tasarlanmış klinik

alışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte, ebeveyn memnuniyeti, çocukların tedaviye uyumu ve her iki GDF formülasyonuna bağlı olası yan etkiler de henüz araştırılmamıştır (Cheng vd., 2024). Bu çalışmada elde edilen bulgular, erken çocukluk ağı çürüklerinin yönetiminde GDF jelinin kullanımına yönelik diş hekimlerine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Zheng ve arkadaşlarının 2023 yılında yayınladıkları çalışmada, anaokulu çağındaki çocuklarda erken çocukluk ağı rklerinin (E) durdurulmasında gümüş diamin florürün (GDF) etkinliği değerlendirilmiştir. Çalışma, 2008 yılında 14 anaokulundan, yaşları 3 ile 5 arasında değişen toplam 1749 çocuğun dahil edilmesiyle bir pilot proje olarak başlatılmıştır. Yapılan ağız içi muayeneler sonucunda, ebeveynlerinden onay alınan 786 çocuğun toplam 3.262 çürük dişine GDF uygulaması gerçekleştirilmiştir. Pilot uygulamanın olumlu sonuçlar vermesi üzerine, bu halk sağlığı girişimi 2013 yılında 100 anaokulunu kapsayacak şekilde genişletilmiştir. 2010–2019 yılları arasında sürdürülen bu hizmet kapsamında, toplamda 53.821 çocuğun 218.333 çürük süt dişi değerlendirilmiş ve 161.354 dişe GDF tedavisi uygulanmıştır. Program süresince E prevalansında önemli bir azalma gözlenmiş; 2010 yılında %43 olarak kaydedilen oran, 2019 yılı itibarıyla %34'e dşmştir. Üç yaşındaki 222 çocuğun üç yıl boyunca düzenli olarak izlenmesi sonucunda, yılda bir kez uygulanan GDF tedavisinin E lezyonlarının %67'sinin ilerlemesini durdurduğu belirlenmiştir. Ayrıca, çalışmaya katılan çocukların devamlılık oranı ile ebeveynlerin bu hizmetten duyduğu memnuniyet düzeyi her yıl %90'ın üzerinde raporlanmıştır (Zheng vd., 2023). Chibinski ve arkadaşlarının 2017 yılında yayınladıkları sistematik derleme ve meta-analiz çalışmasında, gümüş diamin florür (GDF) uygulamasının, plasebo ya da diğer geleneksel tedavi yöntemlerine kıyasla süt dişi çürüklerinin kontrol altına alınmasında yaklaşık %89 oranında daha etkili olduğu rapor edilmiştir. Çalışmada elde edilen bulguların kanıt kalitesi ise yüksek düzeyde olarak değerlendirilmiştir (Chibinski vd., 2017). Romero ve Lippert'in 2021 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada, gümüş diamin florürün (GDF) rğe komşu sağlıklı diş dokusu üzerindeki dolaylı koruyucu etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda, GDF uygulanmış dentin yüzeyinde uygulamadan 48 saat sonra dahi remineralizasyonun srdğu ve flor salınımının devam ettiği belirlenmiştir. Klinik gözlemlerle de uyumlu olarak, kimyasal modelde yalnızca demineralize diş yüzeylerine uygulanan %38'lik GDF'nin, komşu sağlıklı mine dokusunda demineralizasyon gelişimini tamamen önlediği rapor edilmiştir (Romero & Lippert, 2021).

Thomas ve arkadaşlarının 2020 yılında yayınladıkları çalışmada, gümüş diamin florür (GDF) uygulamasının, erken çocukluk çağı çürüğü (EÇÇ) bulunan ve tedavi için bekleme listesinde yer alan çocuk hastalarda acil diş hekimliği başvurularını azaltıp azaltmadığı araştırılmıştır. Çalışmaya, GDF ile tedavi edilen 97 çocuk ve tedavi almayan 216 çocuk olmak üzere toplam 313 hasta dahil edilmiştir. Bulgular, GDF uygulanan grupta dental acil durum oranlarının kontrol grubuna kıyasla yaklaşık %80 daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, GDF uygulanmış yüzeylerin %81'inin kontrol randevusu sırasında çürük ilerlemesi göstermediği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, GDF'nin çürüğün ilerlemesini durdurmadaki etkinliğini desteklemekte ve tedaviye erişim öncesinde EÇÇ bulunan çocuklarda acil başvuruların azaltılmasına katkı sağlayabileceğini göstermektedir (Michelle L. Thomas vd., 2020). Fung ve arkadaşlarının 2018 yılında yayınladıkları randomize kontrollü klinik çalışmada, %12 ve %38 konsantrasyonundaki gümüş diamin florür (GDF) solüsyonlarının, yıllık ve altı aylık periyotlarla uygulandığında süt dişlerinde kaviteli, derin dentin çürüklerini durdurmadaki etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Çalışmaya 3–4 yaş aralığında toplam 888 çocuk (519 erkek, 369 kız) dahil edilmiş ve katılımcılar dört gruba ayrılmıştır: Grup 1: yılda bir kez %12'lik GDF uygulaması, Grup 2: altı ayda bir %12'lik GDF uygulaması, Grup 3: yılda bir kez %38'lik GDF uygulaması, Grup 4: altı ayda bir %38'lik GDF uygulaması. Uygulanan tedavilerin etkinliği, anaokulu ortamında her altı ayda bir tek bir klinisyen tarafından gerçekleştirilen ağız içi muayenelerle değerlendirilmiştir. Başlangıçta 4.220 çürük diş yüzeyine GDF uygulanmış olup, 30 aylık takip süresinin sonunda 799 çocuğa (%90), toplamda 3.790 çürük yüzeyine (%89,8) ilişkin veriler analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, çürüklerin durma oranı Grup 1'de %55,2, Grup 2'de %58,6, Grup 3'te %66,9 ve Grup 4'te %75,7 olarak belirlenmiştir. Çalışma, %38'lik GDF solüsyonunun çürük ilerlemesini durdurmada %12'lik solüsyona kıyasla daha etkili olduğunu ortaya koymuş; ayrıca ağız hijyeni düşük çocuklarda uygulama sıklığının yılda bir yerine altı ayda bir olacak şekilde artırılmasının klinik başarıyı önemli ölçüde artırdığı sonucuna varılmıştır (Fung vd., 2018).

Konuyla ilgili olarak yürütülen in vivo ve in vitro çalışmaların yanı sıra sistematik derlemeler ve meta-analizler, %38 oranında gümüş diamin florür (GDF) içeren uygulamaların çürük lezyonlarının ilerlemesini durdurma ve yeni çürük oluşumunu önlemede yüksek düzeyde etkili olduğunu ortaya koymaktadır (Caroline vd., 2018; Chibinski vd., 2017; Fung vd., 2018; Griffith, 2021; KJ vd., 2020; Michelle L. Thomas vd.,

2020; Romero & Lippert, 2021; Sihra vd., 2020; Zheng vd., 2023). Bu çalışmada, çürükleri durdurma ve önlemedeki yüksek etkinliği ile ağız sağlığına bağlı yaşam kalitesine olan olumlu katkıları nedeniyle klinik kullanımı giderek yaygınlaşan %38'lik gümüş diamin florürün (GDF) farklı formülasyonları tercih edilmiştir.

Ballıkaya ve arkadaşlarının 2021 yılında yayımladıkları prospektif, randomize kontrollü klinik çalışmada, molar insisör hipomineralizasyonu (MIH) bulunan sürekli azı dişlerinde gözlenen erken dönem çürük lezyonlarının tedavisinde gümüş diamin florür (GDF) ve Gümüş Modifiye Atravmatik Restoratif Tedavi (SMART) uygulamalarının etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Çalışmaya, EAPD tanı kriterlerine göre MIH teşhisi konmuş, en az iki tam sürmüş sürekli azı dişine sahip, lezyonları ICDAS 1 veya 2 seviyesinde olan 6–13 yaş arası toplam 48 çocuğun 112 dişi dahil edilmiştir. Örnekler iki gruba ayrılmış; bir gruba %38'lik GDF ve potasyum iyodür kombinasyonu (Riva Star, SDI, Bayswater, Avustralya), diğer gruba ise SMART uygulaması gerçekleştirilmiştir. ART materyali olarak yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (Equia Forte, GC Europe, Leuven, Belçika) kullanılmıştır. Dişler, 1., 6. ve 12. aylarda klinik olarak değerlendirilmiştir. Bulgular hem GDF hem de SMART uygulamalarının kısa dönemde çürük ilerlemesini önlemede etkili olduğunu ve aynı zamanda dentin hassasiyetini azaltıcı bir etkisi bulunduğunu göstermiştir. Renk değişikliğini önlemek amacıyla potasyum iyodür ile uygulama yapılmasına rağmen, 12. ay değerlendirmelerinde yalnızca altı dişte renklenme gözlenmediği rapor edilmiştir (Ballıkaya vd., 2022).

Turton ve arkadaşlarının yürüttükleri randomize kontrollü klinik çalışmada, süt dişlerinde çürük ilerlemesini durdurma ve lezyon görünümünü değerlendirmek amacıyla, gümüş diamin florür (GDF) ve gümüş florür (AgF) uygulamaları, potasyum iyodür (KI) ile ve KI olmadan olmak üzere iki farklı şekilde uygulanmıştır. On iki aylık takip sonuçlarına göre hem GDF hem de AgF ile tedavi edilen gruplarda, KI eklenen alt gruplarda çürük kontrolünün, KI uygulanmayan gruplara kıyasla daha düşük düzeyde gerçekleştiği belirlenmiştir. Ayrıca, KI uygulanan gruplarda 12 ay sonunda pulpa etkilenimi ile sonuçlanan çürük gelişiminin, KI uygulanmayanlara göre yaklaşık iki kat daha fazla olduğu rapor edilmiştir. Öte yandan, estetik açıdan değerlendirildiğinde, KI uygulanmayan dişlerde siyah renklenme insidansı, KI uygulananlara kıyasla altı kat daha yüksek bulunmuştur. Bu bulgular, potasyum iyodür uygulamasının renklenmeyi azaltma açısından fayda sağlarken,

çürük ilerlemesini durdurmadaki etkinliği azaltılabileceğini ortaya koymuştur. (Turton vd., 2021).

Bu çalışmada Riva Star grubunun dahil edilmesi, klinik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan bu iki aşamalı GDF uygulamasının, diğer GDF'nin jel ve likit formlarıyla karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesini mümkün kılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre makaslama bağlanma dayanımı ve mikrosızıntı değerleri açısından gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Kavitasyon içeren lezyonlarda gümüş diamin florür (GDF) uygulamasının ardından cam iyonomer siman (CİS) ile yapılan restorasyonlar, dişin fonksiyonunu sürdürebilmesi ve gıda birikimi riskinin azaltılması gibi klinik avantajlar sağlamaktadır. Buna ek olarak, marjinal bölgelerdeki ikincil çürük gelişimine karşı direncin artması da GDF uygulamasını destekleyen önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle, Atravmatik Restoratif Tedaviler (ART) kapsamında restoratif başarısızlıkların önlenmesinde GDF uygulaması önerilmektedir. GDF'nin restorasyon sonrası bağlanma dayanımını olumsuz etkilemediğini ve sekonder çürük oluşumuna karşı direnci artırdığını bildiren çalışmalar, çürüğün invaziv olarak uzaklaştırıldığı doğrudan restoratif uygulamalarda da GDF'nin tedavi protokolüne entegre edilmesinin başarı oranını artırabileceğini düşündürmektedir (Mei, Zhao, vd., 2016).

Diş çürüğü, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından küresel düzeyde yaygınlık gösteren başlıca ağız-diş hastalıklarından biri olarak tanımlanmaktadır (Petersen, 2003). Gelişen diş çürüğü, travmatik etkenler veya aşınmaya bağlı olarak ortaya çıkan sert doku kayıpları, bireyde ağrı, fonksiyon kaybı ve fonksiyonun bozulması gibi çeşitli olumsuz durumlara yol açabilmektedir. Bu nedenle, dişin sert dokularında meydana gelen madde kayıplarının onarımı amacıyla restoratif tedavi uygulamalarının gerçekleştirildiği bildirilmektedir (World Health Organization, 2010).

Diş çürüğünün tedavi edilmesi, sert doku kayıplarının onarılması ve buna bağlı gelişen fonksiyonel yetersizliklerin giderilmesi amacıyla çeşitli restoratif materyaller geliştirilmiş ve klinik kullanıma sunulmuştur (Wilson & Kent, 1972). Hem daimî hem de süt dişlerinin restorasyonunda kullanılan materyaller arasında cam iyonomer simanlar önemli bir yer tutmaktadır. Bu materyaller, silikat simanların şeffaflık ve florür salınımı gibi avantajlı özellikleri ile polikarboksilat simanların biyoyumluluk ve diş dokusuna adezyon

özelliklerinin birleştirilmesiyle formüle edilmiştir (Wilson & Kent, 1972). Cam iyonomer simanların, yapılarından serbest bıraktıkları kalsiyum ve florür gibi terapötik iyonlar aracılığıyla çevre dokularda remineralizasyonu desteklediği bilinmektedir. Uygulama kolaylığına sahip olması ve herhangi bir adeziv ajan kullanılmaksızın diş dokusuna kimyasal bağlanma yeteneği, bu materyalin önemli avantajları arasında yer almaktadır. Ayrıca, cam iyonomerlerin mikrosertlik, boyutsal stabilite, termal genleşme katsayısı ve opaklık gibi fiziksel özelliklerinin dentin dokusuna benzerlik gösterdiği çeşitli çalışmalarda rapor edilmiştir. Bu özellikleri nedeniyle cam iyonomer simanlar, özellikle çocuk diş hekimliği uygulamalarında yaygın şekilde tercih edilmektedir (Khoroushi vd., 2012).

Cam iyonomer simanların bazı dezavantajlarını ortadan kaldırmak ve materyalin antibakteriyel, fiziksel ve mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla; toz/likit oranı, partikül boyutu ve dağılımında çeşitli yapısal düzenlemelere gidilmiş ve bu doğrultuda geliştirilen yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar (YVCİS) diş hekimliğinde kullanıma girmiştir (Friedl vd., 2011; Najeeb vd., 2016). Yapılan çalışmalar, yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerinin, geleneksel cam iyonomer simanlarla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha üstün olduğunu ortaya koymuştur (Irie vd., 2008; P & Kishore, 2005)

Bu doğrultuda, literatürde bildirilen avantajlı özellikleri dikkate alınarak, bu çalışmada da restoratif materyal olarak yüksek viskoziteli cam iyonomer siman tercih edilmiştir. Yapay çürük oluşturulan dentin dokusunun yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ile restore edilmeden önce farklı formülasyonlarda gümüş diamin florürler (GDF) ile ön işleminden geçirilmesinin, dentin ile cam iyonomer restorasyon arasındaki makaslama bağlanma dayanımına ve mikrosızıntı üzerine etkisi in vitro koşullar altında değerlendirilmiştir. Yüksek viskoziteli cam iyonomer (Equia Fil, GC Corporation, Tokyo, Japonya) ile rezin modifiye, düşük viskoziteli nanofil yüzey örtücü (Equia Coat, GC Corporation, Tokyo, Japonya) kombinasyonundan oluşan Equia adlı sistem, 2007 yılında geliştirilerek tanıtılmıştır. Literatürde, bu yeni sistemin yüksek aşınma direnci, makaslama bağlanma dayanımı ve kırılma dayanımı gibi iyileştirilmiş mekanik özelliklere sahip olduğu belirtilmektedir (P & Kishore, 2005). Ayrıca, tek aşamada uygulanabilen (bulk-fill) yapısı sayesinde zaman kazandırması ve kullanım kolaylığı sağlaması, klinik uygulamalarda önemli bir avantaj olarak değerlendirilmektedir. Equia sistemine ait en güncel ürün

olan Equia Forte HT (GC Corporation, Tokyo, Japonya), 2019 yılında piyasaya sunulmuş olup, hibrit teknoloji kullanılarak geliştirilmiştir. Bu ürünün, önceki formülasyonlara kıyasla daha üstün mekanik ve estetik özellikler sunduğu, üretici firma tarafından rapor edilmiştir (GC Europe, 2022).

Diş hekimliğinde ideal restoratif materyali belirlemeye yönelik arayış sürerken, bu materyallerin etkinliğini ve klinik uygunluğunu değerlendirmek amacıyla in vivo ve in vitro deneysel yöntemlerden yararlanılmaktadır. Restoratif materyallerin klinik performansını değerlendirmede kullanılan in vitro testler, gerçek yaşam koşullarını birebir yansıtmasa da gerçeğe oldukça yakın ve kontrollü veri elde etme imkânı sunmaktadır. Bununla birlikte, in vivo çalışmalarda; hasta takibinin güç olması, özellikle çocuk hastalarda iş birliğinin sağlanmasında yaşanan zorluklar, benzer klinik özelliklere sahip standardize bireylerin teminindeki kısıtlılıklar ve etik sorunlar gibi bazı dezavantajlarla karşılaşmaktadır. Bu nedenle in vitro, in situ ve hayvan modeli temelli deneysel tasarımlar geliştirilerek bu sınırlılıkların aşılması hedeflenmiştir (Salz & Bock, 2010). In vitro deneysel çalışmalar, adeziv sistemler ile restoratif materyallerin performansını değerlendirmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemler sayesinde hem zaman hem de materyal açısından tasarruf sağlanabilmekte, ayrıca in vivo koşullarda gerçekleştirilmesi güç olan çeşitli ölçümler güvenli ve kontrollü bir ortamda yapılabilmektedir. Uygulama kolaylığı ve düşük maliyetli olması, in vitro testlerin başlıca avantajları arasında yer almaktadır. Kısa süre içerisinde anlamlı ve tekrarlanabilir sonuçlara ulaşılabilmesi, bu yöntemin tercih edilme oranını artırmaktadır. Ayrıca in vivo çalışmalarda bireysel farklılıklardan kaynaklanabilecek biyolojik değişkenliklerin etkisi in vitro ortamda minimize edilerek, yalnızca istenilen değişkenin etkisi izole biçimde değerlendirilebilmektedir. Bununla birlikte, klinik etkinliği daha önce kanıtlanmış ve “altın standart” olarak kabul edilen materyal ve tekniklerle yeni geliştirilen yaklaşımların karşılaştırılmasına olanak tanınması, in vitro testlerin bilimsel değerini artırmaktadır. Tüm bu yönleriyle, in vitro deneyler diş hekimlerinin materyal ve yöntem seçiminde bilimsel temelli kararlar almasına katkı sağlayan önemli bir değerlendirme aracı olarak değerlendirilmektedir (Lu vd., 2005; Van Meerbeek vd., 2010). In vitro test yöntemlerinin sağladığı avantajlar dikkate alınarak, bu çalışma da laboratuvar ortamında kontrollü in vitro koşullarda gerçekleştirilmiştir.

Ağız içi sıcaklık değişimleri, oral hijyen düzeyi, çiğneme kaynaklı mekanik yükler, tükürük varlığı ve mikrobiyal flora gibi etmenler, restorasyonların klinik dayanıklılığı üzerinde doğrudan etkili olan önemli faktörler olarak bildirilmektedir. In vitro test yöntemleri, dental materyallerin mekanik ve fiziksel özelliklerine ilişkin değerli veriler sunmasına rağmen, bu deneysel bulgulardan elde edilen sonuçların doğrudan klinik koşullara aktarılmasının sınırlı olduğu ifade edilmektedir (Bernardo vd., 2007).

In vitro test yöntemleriyle yürütülen çalışmalarda, deneysel numune olarak sıklıkla insan ya da sığır dişleri kullanılmaktadır. Ancak insan dişlerinin temininde yaşanan zorluklar nedeniyle, alternatif olarak sığır dişleri tercih edilebilmektedir. Sığır dişlerinin tercih edilme nedenleri arasında; kolay erişilebilir olmaları, çevresel faktörlerin ve yaş değişkenlerinin daha kolay kontrol edilebilmesi, ayrıca geniş yüzey alanına sahip olmaları gibi avantajlar yer almaktadır (Camargo vd., 2008). Ancak literatürde, sığır dişlerinin insan dişlerine kıyasla intertübüler dentin bölgelerinde daha yüksek poroziteye sahip olduğu; ayrıca dentin tübülleri ile peritübüler dentin tabakasının daha kalın yapıda bulunduğu bildirilmiştir (Rüttermann vd., 2013). In vitro koşullarda gerçekleştirilen dişe adezyon çalışmalarının incelenmesi sonucunda, en yüksek bağlanma performansının insan dişleri üzerinde elde edildiği rapor edilmiştir. Bu nedenle, benzer deneysel araştırmalarda örnek seçiminde çürük içermeyen ve daha önce herhangi bir restoratif işlem uygulanmamış insan dişlerinin tercih edilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Mason vd., 1996; Schneider vd., 2000). Üçüncü büyük azı dişleri, erişilebilirliklerinin yüksek olması nedeniyle in vitro deneysel çalışmalarda sıklıkla tercih edilen örnek materyaller arasında yer almaktadır (Lupi-Pégurier vd., 2007). Sığır dişlerinin yapısal olarak insan dişlerinden farklılıklar göstermesi nedeniyle, bu farklılıkların test sonuçlarımız üzerinde etkili olabileceği göz önünde bulundurularak, bu çalışmada örnek materyal olarak insan dişleri tercih edilmiş ve çalışmanın standardizasyonu açısından sağlam diş tercih edilmiştir. Fakat sağlam süt dişlerinin çekimine yönelik endikasyonların sınırlı sayıda olması nedeniyle yapay olarak dentin çürükleri oluşturulmak üzere sağlam üçüncü büyük azı dişleri tercih edilmiştir. Yalnızca üçüncü büyük azı dişlerinin kullanılması metodolojik açıdan bir standardizasyon sağlasa da elde edilen bulguların süt dişi minesini üzerinde doğrudan genellenebilirliğinin sınırlı olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Çünkü süt dişi minesini, daimî diş minesine kıyasla daha yüksek organik içerik barındırmakta ve farklı kristal yapı özellikleri göstermektedir. Bu yapısal farklılıklar, özellikle asit saldırılarına ve florür içerikli ajanlara karşı verilen tepkilerde nicel düzeyde farklılıkların

ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Lupi-Pégurier vd., 2007). Bu da çalışmanın limitasyonları arasında yer almaktadır.

In vitro testlerde diş numunelerinin yüzeylerinde yapay çürük lezyonları oluşturmak amacıyla, literatürde iki farklı yaklaşımın kullanıldığı bildirilmektedir. Bunlardan ilki, spesifik bakteri kültürleri ile biyofilm oluşturulmasını içeren mikrobiyal modellerdir; diğeri ise asidik pH sağlayarak demineralizasyona neden olan kimyasal protokollerdir (J. D. B. Featherstone, 1996). Diş çürüğünün oluşumu ve ilerlemesi üzerine antimikrobiyal materyallerin etkisini değerlendiren çalışmalarda, genellikle bakteri kültürlerinin kullanıldığı mikrobiyal modeller tercih edilmektedir. Öte yandan, çürük önleyici ajanların demineralizasyonu engelleme veya remineralizasyonu destekleme potansiyelini inceleyen çalışmalarda ise çoğunlukla kimyasal sistemlere dayalı in vitro modeller kullanılmaktadır (ten Cate & Mundorff-Shrestha, 1995). Ayrıca, diş numunelerinde yapay çürük lezyonları oluşturmak amacıyla, hazırlanan demineralizasyon solüsyonlarında örneklerin 6 saat ile 28 gün arasında değişen sürelerle bekletilebildiği literatürde bildirilmiştir (ten Gate vd., 1995). Bu çalışmada, literatür çalışmasından örnek aldığımız pH siklusunu kullanarak ağız ortamını taklit edebilmesi için 8 saat demineralizasyon solüsyonunda ardından 16 saat remineralizasyon solüsyonunda 14 gün boyunca solüsyonlar 24 saatte bir değiştirilerek bekletilmiştir (Khor vd., 2022).

İdeal bir bağlanma dayanımı testinden beklenen temel özellikler; doğru ve tekrarlanabilir sonuçlar vermesi, klinik koşulları güvenilir şekilde yansıtması ve uygulama açısından tekniğe daha az duyarlılık göstermesidir. Ayrıca, test prosedürünün karmaşık olmaması ve ekonomik olarak uygulanabilirliğinin yüksek olması da tercih edilen kriterler arasında yer almaktadır (Van Meerbeek vd., 2010). Uygulama kolaylığı, hızlı sonuç vermesi gibi avantajları nedeniyle, makaslama bağlanma dayanımı testi günümüzde en yaygın kullanılan bağlanma dayanımı ölçüm yöntemi olmaya devam etmektedir (Burke F. J. T vd., 2008; Salz & Bock, 2010). Çekme bağlanma dayanımı testlerinin bazı önemli dezavantajları bulunmaktadır. Bu testler, küçük boyutlu numunelerle çalışılmasını gerektirdiğinden hem zaman hem de iş gücü açısından oldukça emek yoğun süreçler içermektedir. Ayrıca, test sürecinde numunelerin dehidratasyona uğrama riski, 5 MPa'nın altındaki düşük bağlanma kuvvetlerinin hassasiyetle ölçülebilmesindeki zorluk, standart ve tutarlı geometrilere sahip örnekler üretmenin teknik zorlukları gibi faktörler yöntemin sınırlılıkları arasında yer

almaktadır. Bununla birlikte, test sırasında numunelerin kolayca hasar görebilmesi ve kırılma sonrası bazı parçaların kaybolma ihtimali de bu yöntemin uygulanabilirliğini olumsuz etkileyebilmektedir (Armstrong vd., 2017; de Andrade vd., 2010; Sirisha vd., 2014). Literatürde, makaslama bağlanma dayanımı testlerinin, çekme bağlanma dayanımı testlerine kıyasla ağız ortamında meydana gelen kuvvetleri daha iyi simüle edebildiği ifade edilmektedir (Leinfelder, 2001). Bu doğrultuda, bu çalışmada restoratif materyallerin bağlanma dayanımını değerlendirmek amacıyla makaslama bağlanma dayanımı testi tercih edilmiştir.

Günümüzde, restoratif materyallerin dentin yüzeyine olan adeziv performansını değerlendirmek amacıyla çeşitli test yöntemleri geliştirilmiştir. Bu değerlendirmelerde genellikle bağlanan yüzey alanının büyüklüğüne bağlı olarak makro ya da mikro bağlanma dayanımı testleri tercih edilmektedir (Burke F. J. T vd., 2008). Literatürde, bağlanma yüzey alanının 3 mm²'den büyük olduğu durumlarda kullanılan makro bağlanma dayanımı test yönteminin, özellikle düşük bağlanma dayanımı sergileyen cam iyonomer siman gibi materyallerin değerlendirilmesinde ölçüm kolaylığı sağladığı ve bu nedenle daha avantajlı olduğu ifade edilmiştir (Burke F. J. T vd., 2008; L. Wang vd., 2006). Bu çalışmada da yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın dentin yüzeyine olan bağlanma dayanımını değerlendirmek için makro makaslama bağlanma dayanımı test yöntemi tercih edilmiştir.

Bağlanma dayanımı testlerinde, restorasyonun uygulanacağı yüzeyin düz, standartlaştırılmış ve tekrarlanabilir özellikte olması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, restoratif materyalin diş yüzeyine uygun açıda yerleştirilmesi, test sonuçlarının güvenilirliği açısından kritik bir faktördür. Bu nedenle, örnek hazırlığı aşamasında yüzeyin düzgünlüğünü sağlamak ve açısız konumlandırmayı kontrol etmek amacıyla diş örneklerinin kendiliğinden sertleşen akrilik rezin ya da sert alçı içerisine gömülerek sabitlenmesi gerekmektedir (International Organization for Standardization (ISO), 2003). Bu çalışmada da örnekler, açığa çıkartılan dentin yüzeyi dışarıda kalacak şekilde silikondan hazırlanan kalıplar kullanılarak soğuk akrilik içerisine gömülmüştür. Ardından, ISO standartlarının da önerdiği şekilde, örnekler ağız ortamı koşullarının korunması amacıyla yapay tükürük içerisine alınmıştır. Yapılan literatür incelemelerinde, in vitro çalışmalarda yapılan restorasyonun standardizasyonunu sağlamak amacıyla, farklı boyutlara sahip metal, teflon ve plastik gibi çeşitli malzemelerden üretilmiş standart kalıpların kullanıldığı görülmektedir (Al-Angari vd., 2014; D. Xie vd.,

2000). Bu çalışmada restorasyonun uygulanması için ulaşılabilirliğinin daha kolay olması nedeniyle 3×4 mm boyutlarında hazırlanan standart silindirik silikon kalıplar tercih edilmiştir.

Literatürde, bağlanma dayanımı testlerinin numune hazırlığını takiben 24 saat sonra uygulanması durumunda, testin hemen ardından gerçekleştirilen uygulamalara kıyasla daha yüksek bağlanma dayanımı değerlerinin elde edildiği bildirilmiştir (Altay, 2002). Ayrıca, cam iyonomer simanların kullanıldığı çalışmalarda, materyalin fiziksel özelliklerinin sağlıklı bir şekilde değerlendirilebilmesi amacıyla uygulamadan sonra 24 saatlik bir bekleme süresinin gerekli olduğu belirtilmiştir (Cattani-Lorente vd., 1993; Yip vd., 2001). Bu doğrultuda, bu çalışmada yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ile restore edilen numuneler, sertleşme ve bağlanma mekanizmalarının tamamlanabilmesi amacıyla, yapay tükürük içeren plastik numune kapları içerisinde 37 °C sıcaklıktaki etüv cihazında 24 saat bekletilmiştir. Sürenin sonunda numuneler yapay tükürük içerisinden çıkarılarak makaslama bağlanma dayanımı testine tabi tutulmuştur.

Makaslama bağlanma dayanımı testi sonuçlarını etkileyen bir diğer önemli faktör, bağlanma dayanımının ölçüldüğü cihazın kırıcı ucunun numuneye yaklaşma hızıdır. Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO), makaslama bağlanma dayanımı testlerinde yük uygulama hızının 0,45 mm/dk ile 1,05 mm/dk aralığında olmasını önermektedir (International Organization for Standardization (ISO), 2003). Hara ve arkadaşlarının, farklı yaklaşma hızlarının makaslama bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini değerlendirdikleri çalışmada, dört farklı hız (0,50; 0,75; 1,00 ve 5,00 mm/dk) incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, 1,00 ve 5,00 mm/dk hızlarında elde edilen makaslama bağlanma dayanımı değerleri, 0,50 ve 0,75 mm/dk hızlarına kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Buna karşılık, daha yüksek hızlarda adeziv kopma oranlarının daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar bu durumu, yüksek hızlarda uygulanan kuvvetin yön değiştirmesi sonucu bağlantı yüzeyinden ziyade rezin ya da dentin dokusuna yönelmesiyle açıklamış ve bu nedenle 0,50 mm/dk ile 0,75 mm/dk hızlarının tercih edilmesini önermişlerdir (Hara vd., 2001). Bu çalışmada da Hara ve arkadaşlarının önerileri doğrultusunda, restorasyon dişten tamamen ayrılana kadar örneğe 0,5 mm/dk hızla kuvvet uygulanmıştır.

Rinsathon ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği çalışmada, farklı gümüş diamin florür (GDF) uygulama protokollerinin yapay dentin çürüğü ile cam iyonomer siman (CİS) restorasyonları arasındaki makaslama bağlanma dayanımı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada sağlam dentin yüzeylerinde yapay çürükler oluşturulmuş ve örnekler rastgele beş gruba ayrılmıştır: Grup 1: kontrol; Grup 2: kavite hazırlayıcı uygulaması, ardından GDF uygulaması ve durulama; Grup 3: kavite hazırlayıcı uygulaması ve ardından GDF uygulaması (durulama yapılmadan); Grup 4: GDF uygulaması, ardından durulama ve kavite hazırlayıcı uygulaması; Grup 5: GDF uygulaması ve ardından kavite hazırlayıcı uygulaması (durulama yapılmadan). Bulgulara göre, Grup 2 ve Grup 3'te, Grup 4 ve Grup 5'e kıyasla dentin içerisine daha derin gümüş penetrasyonu gözlenmiştir. Bununla birlikte, CİS restorasyonlarının bağlanma dayanımı Grup 3 ve Grup 5'te daha düşük bulunmuştur. Araştırmacılar, çürük dentin yüzeyinin Grup 2 veya Grup 4 protokolü ile tedavi edilmesini önermiş ve GDF uygulanan yüzeylerin CİS restorasyonu öncesinde durulanmasının gerekli olduğunu vurgulamışlardır (Rinsathon vd., 2023). Bu çalışmada da Rinsathon ve arkadaşlarının çalışmasında önerildiği gibi tüm örnek gruplarında GDF uygulamasından önce dentin yüzeyindeki smear tabakasını uzaklaştırmak ve diş ile restoratif materyal arasındaki bağlanmayı artırmak amacıyla kavite hazırlayıcı ajan (Cavity Conditioner, GC, Tokyo, Japonya) uygulanmıştır.

Gümüş diamin florür (GDF) gibi minimal invaziv tedavi yaklaşımlarına yönelik toplum farkındalığı ve talebi giderek artmaktadır. Ancak GDF uygulamasının, diş yapısında kalıcı siyah renklenmeye neden olması, bu yöntemin önemli dezavantajlarından biri olarak değerlendirilmektedir. Bu renk değişikliğini gidermek veya estetik açıdan maskelemek amacıyla çeşitli restoratif materyallerin kullanıldığı bildirilmektedir. Uygulanan restorasyonlar yalnızca renklenmeyi gizlemekle kalmayıp, aynı zamanda kalan diş dokusunun kırılma riskini azaltmakta ve kaybedilen çiğneme fonksiyonunun yeniden kazandırılmasına da katkı sağlamaktadır. Amerikan Diş Hekimleri Birliği'nin (ADA) çürük lezyonlarına yönelik restoratif olmayan tedavi yaklaşımlarına ilişkin mevcut klinik kılavuzlarında, %38'lik GDF uygulamasına da yer verilmekte ve bu ajanın sıklıkla restoratif işlemlerle birlikte kullanıldığına dikkat çekilmektedir. Ancak söz konusu kılavuzlarda, hangi restoratif materyalin tercih edilmesi gerektiği ya da bu restorasyonun ne zaman uygulanması gerektiği konusunda net bir öneride bulunulmamaktadır (Slayton vd., 2018). Bu çalışmada, yapay çürük oluşturulmuş üçüncü büyük azı dişlerinin dentin yüzeylerine farklı

formülasyonlarda %38'lik GDF uygulanmış ve GDF uygulamasından 1 hafta sonra çocuk diş hekimliğinde yaygın olarak tercih edilen restoratif materyallerden olan yüksek viskoziteye sahip, posterior dişlerde kullanım endikasyonu olan ve yüksek aşınma direnci olan cam iyonomer siman uygulanarak restoratif materyalin makaslama bağlanma dayanımının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Restoratif materyallerin sağlam ve çürükten etkilenmiş dentin yüzeylerine olan bağlanma dayanımını değerlendiren çalışmalarda, demineralize olmuş çürükten etkilenmiş dentin dokusunun, sağlam dentine kıyasla daha düşük bağlanma dayanımı gösterdiği bildirilmiştir (Alves vd., 2013; Olegário vd., 2015).

Kompozit rezin, giomer ve yüksek viskoziteli cam iyonomer siman olmak üzere üç farklı bulk-fill restoratif materyalin sağlam dentin yüzeyine olan makaslama bağlanma dayanımı üzerine Gümüş Diamin Florür (GDF) uygulamasının etkisini inceleyen bir çalışmada; GDF uygulamasının bu materyallerin bağlanma dayanımı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki oluşturmadığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, değerlendirilen materyaller arasında en düşük makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin yüksek viskoziteli cam iyonomer siman grubunda gözlendiği rapor edilmiştir (Danaeifar vd., 2022). Bu tez çalışmasında makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin düşük çıkmasının, demineralize dentin grubuna uygulanmasından ve restoratif materyal olarak yüksek viskoziteli cam iyonomer siman tercih edilmesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Yüksek viskoziteli cam iyonomer siman kullanılan başka bir in vitro çalışmada hem sağlıklı hem de yapay çürük oluşturulmuş dentin yüzeylerine Gümüş Diamin Florür (GDF) uygulanmış ve sonrasında restoratif materyalin dentine bağlanma gücü mikrogerilim bağlanma dayanımı (μ TBS) yöntemi ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, GDF uygulamasının yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ile dentin dokusu arasındaki bağlanma dayanımı üzerinde anlamlı bir etkisinin bulunmadığı bildirilmiştir (A. S. Wang vd., 2016). Bu tez çalışmasında da farklı formülasyonlarda uygulanan Gümüş Diamin Florür'lerin (GDF) cam iyonomer siman ile dentin dokusu arasındaki bağlanma dayanımları üzerinde anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Yapay çürük lezyonu oluşturulmuş dentin yüzeyine cam iyonomer simanın makaslama bağlanma dayanımına Gümüş Diamin Florür (GDF) uygulamasının etkisini inceleyen bir

çalışmada, GDF uygulaması ile restoratif işlemin uygulanması arasındaki zaman aralığının adeziv bağlanma üzerine etkisi de değerlendirilmiştir. Bulgular, GDF'nin cam iyonomer simanın dentine olan bağlanma dayanımını genel olarak anlamlı şekilde etkilemediğini ortaya koymakla birlikte, uygulamadan bir hafta sonra gerçekleştirilen restorasyonlarda daha yüksek retansiyon değerlerinin elde edildiğini göstermiştir. Bu sonucun, GDF'nin dentin tübüllerine zamanla penetre olması ve yüzeyde gümüş oksit konjugatları içeren sert bir tabaka oluşturmasıyla ilişkili olabileceği öne sürülmüştür. Aynı çalışmada, GDF verniğinin uygulanmasının hemen ardından yapılan cam iyonomer siman restorasyonlarında ise bağlanma dayanımında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma gözlemlenmiştir. Bu durumun, GDF uygulamasından sonra yeterli bekleme süresi tanınmaması nedeniyle dentin yüzeyinde reaksiyona uğramamış GDF kalıntılarının bulunmasına bağlı olabileceği ileri sürülmüştür. Söz konusu kalıntıların, cam iyonomer simanın dentinle hem mekanik hem de kimyasal olarak etkili bir şekilde bağlanmasını engelleyerek biyomekanik bağlantı üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu düşünülmektedir (Elizabeth Ng vd., 2020). Yapılan bazı çalışmalarda da GDF uygulamasından 1 hafta sonra yapılan restorasyonlarda bağlanma dayanımı değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir (Aldosari & Al-Sehaibany, 2022; Elizabeth Ng vd., 2020). Bu tez çalışmasında farklı formülasyonlarda bulunan gümüş diamin florür uygulamalarının ardından örnekler 1 hafta 37 °C'de etüv içerisinde yapay tükürük ile bekletilmiştir. Cam iyonomer restorasyonlar 1 hafta sonra yapılmıştır.

Aldosari ve Al-Sehaibany'nin yürüttükleri bir diğer çalışmada, demineralize dentine uygulanan gümüş diamin florürün (GDF) ardından gerçekleştirilen restorasyon türü ve restorasyonun uygulanma zamanının dişlerde meydana gelen renk değişimine etkisi incelenmiştir. Çalışmada restoratif materyal olarak kompozit rezin, rezin modifiye cam iyonomer siman (RMCİS) ve konvansiyonel cam iyonomer siman (CİS) kullanılmış; restorasyon uygulama zamanına göre gruplar, GDF uygulamasından hemen sonra ve GDF uygulamasından 1 hafta sonra olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Her örnekteki renk farkı (ΔE) ile görsel renk parametreleri ($L^*a^*b^*$) spektrofotometre aracılığıyla ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek renk stabilitesi CİS grubunda gözlenmiş; bunu sırasıyla RMCİS ve kompozit rezin grupları takip etmiştir. Ayrıca, restorasyonun GDF uygulamasından bir hafta sonra yapıldığı gruplarda, uygulamanın hemen ardından yapılan gruplara kıyasla, demineralize dentinde oluşan siyah renklemenin maskelenmesi açısından daha iyi renk stabilitesi sağlandığı belirlenmiştir (Aldosari & Al-Sehaibany, 2022b).

Velagala ve arkadaşlarının gerçekleştirdikleri çalışmada, SMART tekniği ile geleneksel cam iyonomer siman (CİS) kullanılarak tedavi edilen çürük süt dişi dentini arasındaki mikro çekme bağlanma dayanımı değerlendirilmiştir. Çalışmada, çürük lezyonu ortasından kesilen toplam 40 süt azı dişi, eşit sayıda olacak şekilde test ve kontrol gruplarına ayrılmıştır. Test grubundaki örnekler bir damla %38'lik GDF solüsyonu, kontrol grubundakilere ise deiyonize su uygulanmıştır. Tüm örnekler 14 gün süreyle 37 °C'de yapay tükürük içerisinde bekletilmiş ve ardından dentin yüzeylerine Fuji IX GP Extra ile restorasyon yapılmıştır. Restorasyonlardan sonra numuneler 24 saat boyunca tekrar yapay tükürükte bekletilmiş ve sonrasında mikro çekme bağlanma dayanımı testi uygulanmıştır. Test grubunda ortalama mikro çekme bağlanma dayanımı $7,39 \pm 2,3$ MPa, kontrol grubunda ise $7,20 \pm 1,98$ MPa olarak ölçülmüştür. Kırık tiplerinin belirlenebilmesi amacıyla tüm örnekler stereomikroskop altında 40x büyütme ile incelenmiştir. Her iki grupta da en sık gözlenen kırılma tipi karma kırık olarak rapor edilmiştir. Çalışma sonucunda, GDF uygulamasının çürük dentine yerleştirilen cam iyonomer siman (CİS) restorasyonlarının bağlanma dayanımı üzerinde olumsuz bir etkiye yol açmadığı sonucuna varılmıştır (Velagala vd., 2023). Bu tez çalışmasında da örnekler kırık tiplerinin belirlenebilmesi için stereomikroskop altında $\times 30$ büyütme ile incelenmiştir. Detaylı yüzey görüntüsü için taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile $\times 100$ ve $\times 1000$ büyütmede yüzeyler incelenmiştir. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmamakla birlikte karma kırık en sık gözlenen kırılma tipi olmuştur.

Ağız ortamında dental restorasyonlar, sürekli değişen sıcaklık ve pH koşullarına maruz kalmaktadır. Diş yapıları ile restorasyon materyalinin ısıl genleşme katsayıları arasındaki uyumsuzluk, zamanla diş-restorasyon sınırında mikro seviyede boşlukların oluşmasına neden olmakta ve bu durum mikrosızıntının gelişimine zemin hazırlamaktadır (Wahab vd., 2003). Mikrosızıntıyı değerlendiren çalışmaların büyük bir kısmında, ağız içi ortam koşullarının simülasyonu amacıyla örnekler termal ya da mekanik sikluslar uygulanarak yaşlandırma protokolleri gerçekleştirilmektedir (Alani & Toh, 1997; Taylor & Lynch, 1992)

Ağız içi ortam koşullarını taklit edebilmek amacıyla uygulanan termal siklus işlemlerinde kullanılan sıcaklık aralıklarının 0 °C ile 68 °C arasında değişebildiği, ancak çoğu çalışmada genellikle 5 °C ile 55 °C arasındaki sıcaklık değerlerinin tercih edildiği bildirilmektedir (Duangthip & Lussi, 2003). Tüm bu bilgilere rağmen, termal siklus uygulamalarında kullanılacak standart protokol konusunda net bir görüş birliği bulunmamaktadır. Ancak in

vitro koşullarda gerçekleştirilen pek çok çalışmada, genellikle 5 °C ve 55 °C olmak üzere termal su banyolarında, her birinde 30 saniyelik bekleme sürelerinden toplamda 500 döngü şeklinde uygulanmaktadır (Gale & Darvell, 1999). Bu tez çalışmasında 5 °C ve 55 °C olmak üzere termal su banyolarında, her birinde 30 saniyelik bekleme sürelerinden toplamda 500 döngü uygulanmıştır.

Mikrosızıntının değerlendirilmesinde boyar maddelerin kullanımı, uygulama kolaylığı ve düşük maliyeti nedeniyle literatürde en yaygın tercih edilen ve en eski yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir (Mueninghoff vd., 1990; Taylor & Lynch, 1992).

Boyar madde penetrasyon yönteminin düşük maliyetli olması, kolay temin edilebilirliği ve hızlı, doğrudan ölçüm imkânı sunması, bu yöntemi diğer mikrosızıntı değerlendirme yöntemlerine kıyasla avantajlı kılmaktadır. Ancak, sızıntının varlığına ilişkin değerlendirmelerde yanlış yorumların önüne geçilebilmesi ve elde edilen verilerin güvenilirliğinin artırılabilmesi için, sonuçların birden fazla araştırmacı tarafından bağımsız olarak değerlendirilmesi önerilmektedir (Taylor & Lynch, 1992). Bu tez çalışmasında belirtilen avantajlardan dolayı %0,5 bazik fuksin ile boya penetrasyon yöntemi kullanılmıştır.

Osama ve arkadaşlarının 2024 yılında gerçekleştirdiği bir çalışmada, mikrosızıntı testleri kapsamında %38 oranında Gümüş Diamin Florür (GDF) uygulanmış dentin grubu ile kontrol grubu karşılaştırılmış; gruplar arasında mikrosızıntı düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır (Osama vd., 2024). Elde edilen bu sonuçlar, GDF uygulamasının mikrosızıntı üzerinde olumsuz bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır. Bu tez çalışmasında da farklı formülasyonlarda uygulanan gümüş diamin florürün bir hafta sonra yüksek viskoziteli cam iyonomer ile restorasyonu sonucu mikrosızıntı açısından değerlendirilmesinde, gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Hassanen ve çalışma arkadaşlarının 2022 yılında gerçekleştirdiği araştırmada, GDF uygulanmayan cam iyonomer grubunda oklüzal yüzeyde ölçülen mikrosızıntı değerlerinin (758.77 ± 69.65), gingival yüzeyde elde edilen değerlere (643.74 ± 83.77) kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada, cam iyonomer esaslı materyallerin genel olarak daha düşük mikrosızıntı değerleri sunduğu ifade edilmiştir (Hassanen vd., 2022). Bu tez çalışmasında farklı formülasyonlarda

uygulan GDF'nin cam iyonmer restorasyonunda mikrosızıntı aısından değerlendirilmesinde gruplar arasında gingival mikrosızıntı düzeyleri aısından anlamlılığa yakın olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Gruplar arasında oklüzal mikrosızıntı düzeyleri aısından da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

Yüksek viskoziteli cam iyonmer siman ile restorasyon yapılmadan önce demineralize dentin dokusuna farklı formülasyonlarda gümüş diamin florür (GDF) uygulanmasının, bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini değerlendiren çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu bağlamda, elde edilen bulguların literatürdeki bilgi birikimine katkı sağlayacak nitelikte olması, tez çalışmamızın bilimsel aıdan önemini artırmaktadır. In vitro koşullarda yürütölen bu çalışmanın bulgularının klinik uygulamalara yansıtılabilirliğini değerlendirebilmek için ileriye dönük in vivo araştırmalara gereksinim duyulmaktadır.

Çalışmanın limitasyonlarında çalışmanın in vitro koşullarda gerçekleştirilmiş olması, elde edilen bulguların doğrudan klinik uygulamalara genellenmesini sınırlayabilir. Çalışmada yalnızda tek tür cam iyonmer restoratif materyali (Equia Forte, GC Corp., Tokyo, Japonya) kullanılmıştır. Farklı restorasyon materyallerinin farklı GDF formülasyonları ile etkileşimlerinin incelenmesi, elde edilecek bulgulara daha kapsamlı bir bakış aısı kazandırabilir ve sonuçların genellenebilirliğini artırabilirdi. Her bir deney grubunda sınırlı sayıda diş örneğinin kullanılmış olması, istatistiksel analizlerin gücünü ve elde edilen bulguların genellenebilirliğini kısıtlamış olabilir. Daha geniş örneklem büyüklükleriyle yürütölecek çalışmalar, elde edilen sonuçların güvenilirliğini ve klinik anlamda geçerliliğini artırabilir. Belirtilen sınırlılıklar doğrutusunda, ilerleyen çalışmalarda daha kapsamlı deneysel protokollerin uygulanması ve geniş örneklem büyüklüklerine sahip in vivo araştırmaların gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

6. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, ortodontik ve gömük kalma nedenleri ile çekilmiş sağlam 3. büyük azı dişlerine yapay çürük oluşturulmasının ardından farklı formülasyonda GDF uygulamasından bir hafta sonra Equia Forte CİS (GC Corporation Tokyo, Japan) ile modifiye atravmatik restorasyon yapılmış ve GDF uygulamasının restorasyonların mikrosızıntı ve makaslama bağlanma dayanımı değerlerine etkisi in vitro koşullarda ölçülmüştür. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular aşağıda sunulmaktadır.

- a. Gruplar arasında makaslama bağlanma dayanımı açısından yapılan karşılaştırma sonucunda, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p=0.259$).
- b. Bağlanma dayanımı ortalama değerleri incelendiğinde, Grup 4 en yüksek ortalama değeri göstermesine karşın Kruskal-Wallis testi sonuçları, bu farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olmadığını göstermektedir ($p > 0.05$).
- c. Gruplar arasında gözlemlenen kırık tiplerinin dağılımı incelendiğinde, tüm gruplarda hem adeziv hem de karma kırıklar tespit edilmiştir. En fazla karma kırık (%71,4) Grup 1'de görülmüştür.
- d. Grup 2 ve Grup 3'te adeziv kırıkların oranı %57,1 ile karma kırığa göre daha yüksek bulunmuştur. Grup 4'te ise karma kırıklar %57,1 oranında saptanmıştır.
- e. Fisher Freeman Halton Exact Test ile yapılan istatistiksel analiz sonucunda gruplar arasında kırık tipi dağılımı açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p=0.840$).
- f. Gruplar arasında oklüzal mikrosızıntı düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).
- g. Oklüzal mikrosızıntı açısından, boya penetrasyonunun hiç görülmediği örnekler yalnızca Grup 1'de mevcuttur (%42,9), diğer gruplarda ise tüm örneklerde az ya da orta düzeyde mikrosızıntı tespit edilmiştir. En yüksek oklüzal mikrosızıntı oranı Grup 2'de gözlenmiştir (%14,3).
- h. Gruplar arasında gingival mikrosızıntı düzeyleri açısından fark olmakla ($p=0.059$) birlikte istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Farklılık anlamlı bulunmamakla birlikte, Grup 3'teki gingival mikrosızıntı düzeyinde Skor 1 oranının (%71.4), Grup 1 (%0), Grup 2 (%14.3) ve Grup 4'ten (%28.6) daha yüksek oluşu dikkat çekici bulunmuştur.

- i. Gruplar arasında makaslama bağlanma dayanımı açısından yapılan karşılaştırma sonucunda, anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p=0.259$).
- j. Bağlanma dayanımı ortalama değerleri incelendiğinde, Negatif kontrol grubu olan Grup 4 en yüksek ortalama değeri göstermesine rağmen anlamlı düzeyde farklılık bulunmamıştır.
- k. Gruplar arasında gözlemlenen kırık tiplerinin dağılımı incelendiğinde, tüm gruplarda hem adeziv hem de karma kırıklar tespit edilmiştir ancak kırık tipi dağılımı açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p=0.840$).
- l. Bu kırık tiplerinin gözlenmesi; materyalin mekanik dayanım, dentine elastik uyum ve bağlantı kabiliyeti açısından güçlü olduğunu göstermektedir.
- m. Gruplar arasında oklüzal ve gingival mikrosızıntı açısından anlamlı farklılık bulunmamıştır.
- n. Çalışmada kullanılan farklı GDF formülasyonlarının, yüksek viskoziteli cam iyonomer siman restorasyonlarının bağlantı dayanımı ve mikrosızıntı üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu durum, GDF uygulamasının restorasyonun başarısını etkilemediğini ancak özellikle erken çocukluk çağı çürüklerinde olumlu etkisinin bulunduğunu düşündürmektedir.
- o. GDF'nin jel formülasyonunun, uygulama sırasında materyalin akışkanlığını azaltarak ajanı hedeflenen bölgede tutması, daha kolay, hızlı ve hassas şekilde uygulanabilmesi klinik kullanımı açısından yarar sağlamakla birlikte literatürde gümüş diamin florürün jel formuna ilişkin sınırlı sayıda veri bulunmaktadır.
- p. Bu çalışmada jel formülasyonun ayrı bir grup olarak değerlendirilmesinin literatüre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmekle birlikte etkinliğinin tam olarak değerlendirebilmesi için in vitro çalışmaları destekleyecek klinik çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

REFERANSLAR

- AAPD. (2020). Caries-risk assessment and management for infants, children, and adolescents. İçinde *The Reference Manual of Pediatric Dentistry* (ss. 243-247). American Academy of Pediatric Dentistry.
- AAPD. (2022). Policy on Early Childhood Caries (ECC): consequences and preventive strategies. İçinde *The Reference Manual of Pediatric Dentistry* (s. 90:3).
- Agha, A., Parker, S., & Patel, M. P. (2016). Development of experimental resin modified glass ionomer cements (RMGICs) with reduced water uptake and dimensional change. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*, 32(6), 713-722. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2016.03.004>
- Ahmad, M., Khattab, N., & Amer, M. (2022). Radiographic assessment of silver modified atraumatic restorative technique in comparison to atraumatic restorative technique. *Egyptian Dental Journal*, 68(2), 1183-1190. <https://doi.org/10.21608/EDJ.2022.111939.1918>
- Ahmad, M. M., Ali Khattab, N. M., & Ishaq, M. (2022). Parental satisfaction assessment of silver modified atraumatic restorative technique in comparison to atraumatic restorative technique. *Minia Journal of Medical Research*, 33(2), 12-17. <https://doi.org/10.21608/MJMR.2022.249859>
- Al-Angari, S. S., Hara, A. T., Chu, T. M., Platt, J., Eckert, G., & Cook, N. B. (2014). Physicomechanical properties of a zinc-reinforced glass ionomer restorative material. *Journal of oral science*, 56(1), 11-16. <https://doi.org/10.2334/JOSNUSD.56.11>
- Alani, A. H., & Toh, C. G. (1997). Detection of microleakage around dental restorations: a review. *Operative Dentistry*, 22(4), 173-185. <https://europepmc.org/article/med/9484158>
- Aldosari, M. M., & Al-Sehaibany, F. S. (2022a). 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 (Basel, Switzerland)*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/MA15134424>
- Aldosari, M. M., & Al-Sehaibany, F. S. (2022b). The Effect of Loading Time on Color Stability of Various Restorative Materials Bonded to Silver Diamine Fluoride-

- Treated Demineralized Dentin. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 14, 123-130. <https://doi.org/10.2147/CCIDE.S365478>,
- Altay, N. & A. T. (2002). In Vitro Bağlantı Kuvveti Ölçme Testlerinin Değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 26, 32-38.
- Alves, F. B., Lenzi, T. L., Reis, A., Loguercio, A. D., Carvalho, T. S., & Raggio, D. P. (2013). Bonding of simplified adhesive systems to caries-affected dentin of primary teeth. *The journal of adhesive dentistry*, 15(5), 439-445. <https://doi.org/10.3290/J.JAD.A28880>
- Amaechi, B. T., Mathews, S. M., & Mensinkai, P. K. (2015). Effect of theobromine-containing toothpaste on dentin tubule occlusion in situ. *Clinical oral investigations*, 19(1), 109-116. <https://doi.org/10.1007/S00784-014-1226-1>
- Amaechi, B. T., Porteous, N., Ramalingam, K., Mensinkai, P. K., Ccahuana Vasquez, R. A., Sadeghpour, A., & Nakamoto, T. (2013). Remineralization of artificial enamel lesions by theobromine. *Caries research*, 47(5), 399-405. <https://doi.org/10.1159/000348589>
- American Academy of Pediatric Dentistry. (2019). Policy on the Use of Silver Diamine Fluoride for Pediatric Dental Patients. İçinde *The Reference Manual of Pediatric Dentistry* (ss. 57-63). American Academy of Pediatric Dentistry.
- American College of Dentists Scientific. (2000). Treatment of early childhood caries: a review and case report. *General Dentistry*, 48(2), 142-150.
- Anant, N., Rai, N., NR, S., Amaltas, P., Kalambe, M., & Emmanuel, A. (2024). Assessing the Effects and Acceptance of Silver Diamine Fluoride Treatment in Early Childhood Caries. *Cureus*, 16(3). <https://doi.org/10.7759/CUREUS.55767>
- Andropoulos, D. B., & Greene, M. F. (2017). Anesthesia and Developing Brains - Implications of the FDA Warning. *The New England journal of medicine*, 376(10), 905-907. <https://doi.org/10.1056/NEJMP1700196>
- Anil, A., Ibraheem, W. I., Meshni, A. A., Preethanath, R., Anil, S., Anil, A., Ibraheem, W. I., Meshni, A. A., Preethanath, R., & Anil, S. (2022). *Demineralization and Remineralization Dynamics and Dental Caries*. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.105847>
- Anil, A., Ibraheem, W. I., Meshni, A. A., Preethanath, R. S., & Anil, S. (2022). Nano-Hydroxyapatite (nHAp) in the Remineralization of Early Dental Caries: A

- Scoping Review. *International journal of environmental research and public health*, 19(9). <https://doi.org/10.3390/IJERPH19095629>
- Anil, S., & Anand, P. S. (2017). Early Childhood Caries: Prevalence, Risk Factors, and Prevention. *Frontiers in pediatrics*, 5. <https://doi.org/10.3389/FPED.2017.00157>
- Antonioni, M. B., Fontana, M., Salzmänn, L. B., & Inglehart, M. R. (2019). Pediatric Dentists' Silver Diamine Fluoride Education, Knowledge, Attitudes, and Professional Behavior: A National Survey. *Journal of dental education*, 83(2), 173-182. <https://doi.org/10.21815/JDE.019.020>
- Armstrong, S., Breschi, L., Özcan, M., Pfeifferkorn, F., Ferrari, M., & Van Meerbeek, B. (2017). Academy of Dental Materials guidance on in vitro testing of dental composite bonding effectiveness to dentin/enamel using micro-tensile bond strength (μ TBS) approach. *Dental Materials*, 33(2), 133-143. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.11.015>
- Arnaud, T. M. S., De Barros Neto, B., & Diniz, F. B. (2010). Chitosan effect on dental enamel de-remineralization: an in vitro evaluation. *Journal of dentistry*, 38(11), 848-852. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2010.06.004>
- Auychai, P., Khumtrakoon, N., Jitongart, C., Daomanee, P., & Laiteerapong, A. (2022). Bond Strength and Microleakage of a Novel Glass Ionomer Cement Containing Silver Diamine Fluoride. *European journal of dentistry*, 16(3), 606-611. <https://doi.org/10.1055/S-0041-1736329>
- Ayaz, Dt. F., Tağtekin, Doç. Dr. D., & Yanıkoğlu, Prof. Dr. F. (2011). Dentine bağlanma ve değerlendirme metodları. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2011(4), 49-56. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ataunidfd/issue/2477/31693>
- Ballıkaya, E., Ünverdi, G. E., & Cehreli, Z. C. (2022). Management of initial carious lesions of hypomineralized molars (MIH) with silver diamine fluoride or silver-modified atraumatic restorative treatment (SMART): 1-year results of a prospective, randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 26(2), 2197-2205. <https://doi.org/10.1007/S00784-021-04236-5/FIGURES/3>
- Banerjee, A. (2013). Minimal intervention dentistry: part 7. Minimally invasive operative caries management: rationale and techniques. *British dental journal*, 214(3), 107-111. <https://doi.org/10.1038/SJ.BDJ.2013.106>

- Bapat, R. A., Parolia, A., Chaubal, T., Dharamadhikari, S., Abdulla, A. M., Sakkir, N., Arora, S., Bapat, P., Sindi, A. M., & Kesharwani, P. (2021). Recent update on potential cytotoxicity, biocompatibility and preventive measures of biomaterials used in dentistry. *Biomaterials Science*, 9(9), 3244-3283. <https://doi.org/10.1039/D1BM00233C>
- Beltrami, G. (1932). Les dents noires des tout-petits, La mëlانodontie infantile. *Siècle médical*.
- Bernardo, M., Luis, H., Martin, M. D., Leroux, B. G., Rue, T., Leitão, J., & Derouen, T. A. (2007). Survival and reasons for failure of amalgam versus composite posterior restorations placed in a randomized clinical trial. *Journal of the American Dental Association* (1939), 138(6), 775-783. <https://doi.org/10.14219/JADA.ARCHIVE.2007.0265>
- Bertassoni, L. E., Habelitz, S., Kinney, J. H., Marshall, S. J., & Marshall, Jr., G. W. (2009). Biomechanical Perspective on the Remineralization of Dentin. *Caries Research*, 43(1), 70. <https://doi.org/10.1159/000201593>
- Bezerra, I. M., Brito, A. C. M., de Sousa, S. A., Santiago, B. M., Cavalcanti, Y. W., & de Almeida, L. de F. D. (2020). Glass ionomer cements compared with composite resin in restoration of noncarious cervical lesions: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon*, 6(5). <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2020.E03969>
- Bimstein, E., & Damm, D. (2018). Human Primary Tooth Histology Six Months after Treatment with Silver Diamine Fluoride. *The Journal of clinical pediatric dentistry*, 42(6), 442-444. <https://doi.org/10.17796/1053-4625-42.6.6>
- Bonifácio, C. C., Werner, A., & Kleverlaan, C. J. (2012). Coating glass-ionomer cements with a nanofilled resin. *Acta odontologica Scandinavica*, 70(6), 471-477. <https://doi.org/10.3109/00016357.2011.639307>
- Braga, R. R., Meira, J. B. C., Boaro, L. C. C., & Xavier, T. A. (2010). Adhesion to tooth structure: a critical review of “macro” test methods. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 26(2). <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2009.11.150>
- Brunton, P. A., Davies, R. P. W., Burke, J. L., Smith, A., Aggeli, A., Brookes, S. J., & Kirkham, J. (2013). Treatment of early caries lesions using biomimetic self-

- assembling peptides--a clinical safety trial. *British dental journal*, 215(4).
<https://doi.org/10.1038/SJ.BDJ.2013.741>
- Burgess, J. O., & Vaghela, P. M. (2018). Silver Diamine Fluoride: A Successful Anticarious Solution with Limits. *Advances in dental research*, 29(1), 131-134.
<https://doi.org/10.1177/0022034517740123>
- Burke F. J. T, Nolan, L., & Hussain, A. (2008). Methods used in dentine bonding tests: an analysis of 102 investigations on bond strength. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 16(4), 158-165.
- Burwell, A. ; J. D. ; G. D. C. (2010). NovaMin and dentin hypersensitivity—In vitro evidence of efficacy. *The Journal of Clinical Dentistry*, 21(3), 66-71.
- Buzalaf, M. A. R., Pessan, J. P., Honório, H. M., & Ten Cate, J. M. (2011). Mechanisms of action of fluoride for caries control. *Monographs in oral science*, 22, 97-114.
<https://doi.org/10.1159/000325151>
- Camargo, M. A., Marques, M. M., & de Cara, A. A. (2008). Morphological analysis of human and bovine dentine by scanning electron microscope investigation. *Archives of oral biology*, 53(2), 105-108.
<https://doi.org/10.1016/J.ARCHORALBIO.2007.09.005>
- Cao, Y., Mei, M. L., Li, Q. L., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2014). Agarose hydrogel biomimetic mineralization model for the regeneration of enamel prismlike tissue. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 6(1), 410-420.
https://doi.org/10.1021/AM4044823/SUPPL_FILE/AM4044823_SI_001.PDF
- Caroline, J., Maharani, D. A., Adiatman, M., Rahardjo, A., & Callea, M. (2018). Effect and impact of silver diamine fluoride application in primary teeth caries on children's quality of life. *Journal of Physics: Conference Series*, 1073(4).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1073/4/042001>
- Cattani-Lorente, M. A., Godin, C., & Meyer, J. M. (1993). Early strength of glass ionomer cements. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*, 9(1), 57-62. [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(93\)90107-2](https://doi.org/10.1016/0109-5641(93)90107-2)
- Celik, E. U., Tunac, A. T., & Yilmaz, F. (2019). Three-year clinical evaluation of high-viscosity glass ionomer restorations in non-carious cervical lesions: a randomised controlled split-mouth clinical trial. *Clinical oral investigations*, 23(3), 1473-1480. <https://doi.org/10.1007/S00784-018-2575-Y>

- Chaffee, B. W., Rodrigues, P. H., Kramer, P. F., Vítolo, M. R., & Feldens, C. A. (2017). Oral health-related quality-of-life scores differ by socioeconomic status and caries experience. *Community dentistry and oral epidemiology*, 45(3), 216-224. <https://doi.org/10.1111/CDOE.12279>
- Cheng, A. Y., Chen, J., Zheng, F. M., Duangthip, D., & Chu, C. H. (2024). Arresting Early Childhood Caries with Silver Diamine Fluoride Gel Among Preschool Children: Protocol for a Randomised Clinical Trial. *Dentistry journal*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/DJ12120419>
- Chibinski, A. C., Wambier, L. M., Feltrin, J., Loguercio, A. D., Wambier, D. S., & Reis, A. (2017). Silver Diamine Fluoride Has Efficacy in Controlling Caries Progression in Primary Teeth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Caries research*, 51(5), 527-541. <https://doi.org/10.1159/000478668>
- Contreras, V., Toro, M. J., Eliás-Boneta, A. R., & Encarnación-Burgos, A. (2017). Effectiveness of silver diamine fluoride in caries prevention and arrest: a systematic literature review. *General dentistry*, 65(3), 22. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5535266/>
- Crabtree, M. G. ; A. H. F. A. (1955). A preliminary report on the solubility of decalcified dentine in water. *Australian Journal of Dentistry*, 55, 340-342.
- Crim, G. A., & Mattingly, S. L. (1981). Evaluation of two methods for assessing marginal leakage. *The Journal of prosthetic dentistry*, 45(2), 160-163. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(81\)90334-6](https://doi.org/10.1016/0022-3913(81)90334-6)
- Crystal, Y. O., Janal, M. N., Hamilton, D. S., & Niederman, R. (2017). Parental perceptions and acceptance of silver diamine fluoride staining. *Journal of the American Dental Association* (1939), 148(7), 510-518.e4. <https://doi.org/10.1016/J.ADAJ.2017.03.013>
- Crystal, Y. O., Marghalani, A. A., Ureles, S. D., Wright, J. T., & Sulyanto, R. (2017). Use of silver diamine fluoride for dental caries management in children and adolescents, including those with special health care needs. *Pediatric Dentistry*, 39(5), 135-145.
- Crystal, Y. O., & Niederman, R. (2016). Silver Diamine Fluoride Treatment Considerations in Children's Caries Management Brief Communication and Commentary. *Pediatric dentistry*, 38(7), 466. [/pmc/articles/PMC5347149/](https://pmc/articles/PMC5347149/)

- Danaeifar, N., Nejat, A. H., Cehreli, Z., & Ballard, R. W. (2022). The Effect of Silver Diamine Fluoride on Bond Strength of Three Types of Bulk-Fill Restorative Materials to Dentin. *Pediatric Dentistry*, 44(4), 290-295.
- Dawasaz, A. A., Togoo, R. A., Mahmood, Z., Azlina, A., & Ponnuraj, K. T. (2022). Effectiveness of Self-Assembling Peptide (P11-4) in Dental Hard Tissue Conditions: A Comprehensive Review. *Polymers*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/POLYM14040792>
- de Andrade, A. M., Moura, S. K., Reis, A., Loguercio, A. D., Garcia, E. J., & Grande, R. H. M. (2010). Evaluating resin-enamel bonds by microshear and microtensile bond strength tests: effects of composite resin. *Journal of Applied Oral Science*, 18(6), 591. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572010000600010>
- De Mello Vieira, A. E., Botazzo Delbem, A. C., Sassaki, K. T., Rodrigues, E., Cury, J. A., & Cunha, R. F. (2005). Fluoride dose response in pH-cycling models using bovine enamel. *Caries research*, 39(6), 514-520. <https://doi.org/10.1159/000088189>
- Dean, J. A. (2021). *McDonald and Avery's Dentistry for the Child and Adolescent*. Elsevier Health Sciences.
- DeHoff, P. H., Anusavice, K. J., & Wang, Z. (1995). Three-dimensional finite element analysis of the shear bond test. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 11(2), 126-131. [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(95\)80047-6](https://doi.org/10.1016/0109-5641(95)80047-6)
- Déjou, J., Sindres, V., & Camps, J. (1996). Influence of criteria on the results of in vitro evaluation of microleakage. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 12(6), 342-349. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(96\)80044-3](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(96)80044-3)
- Diem, V. T. K., Tyas, M. J., Ngo, H. C., Phuong, L. H., & Khanh, N. D. (2014). The effect of a nano-filled resin coating on the 3-year clinical performance of a conventional high-viscosity glass-ionomer cement. *Clinical oral investigations*, 18(3), 753-759. <https://doi.org/10.1007/S00784-013-1026-Z>
- Dong, Z., Chang, J., Deng, Y., & Joiner, A. (2011). Tricalcium silicate induced mineralization for occlusion of dentinal tubules. *Australian dental journal*, 56(2), 175-180. <https://doi.org/10.1111/J.1834-7819.2011.01321.X>

- Dorri, M., Martinez-Zapata, M. J., Walsh, T., Marinho, V. C. C., Sheiham, A., & Zaror, C. (2017). Atraumatic restorative treatment versus conventional restorative treatment for managing dental caries. *The Cochrane database of systematic reviews*, 12(12). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008072.PUB2>
- Duangthip, D., & Lussi, A. (2003). Microleakage and penetration ability of resin sealant versus bonding system when applied following contamination. *Pediatric Dentistry*, 25(5), 505-511. <https://europepmc.org/article/med/14649617>
- ElHassanien Mohammed, S. M., Awad, S. M., & Wahba, A. H. (2022). Comparison of Clinical Outcomes of Silver-modified Atraumatic Restorative Technique vs Atraumatic Restorative Technique in Primary Teeth: A Randomized Controlled Trial. *The journal of contemporary dental practice*, 23(11), 1140-1145. <https://doi.org/10.5005/JP-JOURNALS-10024-3437>
- Elizabeth Ng, Sukhman Saini, Katherine A. Schulze, Jeremy Horst, Thuy Le, & Stefan Habelitz. (2020). Shear Bond Strength of Glass Ionomer Cement to Silver Diamine Fluoride-Treated Artificial Dentinal Caries. *Pediatric Dentistry*, 42(3), 221-225.
- Elmalawany, L. M., Sherief, D. I., & Alian, G. A. (2023). Theobromine versus casein phospho-peptides/Amorphous calcium phosphate with fluoride as remineralizing agents: effect on resin-dentine bond strength, microhardness, and morphology of dentine. *BMC Oral Health*, 23(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/S12903-023-03139-Z/FIGURES/2>
- Erdilek, D., Dörter, C., Koray, F., Kunzelmann, K.-H., Efes, B. G., & Gomec, Y. (2009). Effect of Thermo-mechanical Load Cycling on Microleakage in Class II Ormocer Restorations. *European Journal of Dentistry*, 3(3), 200. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2741191/>
- Featherstone, J. D. B. (1996). Modeling the caries-inhibitory effects of dental materials. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 12(3), 194-197. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(96\)80021-2](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(96)80021-2)
- Featherstone, J. D. B. (2000). The science and practice of caries prevention. *Journal of the American Dental Association* (1939), 131(7), 887-899. <https://doi.org/10.14219/JADA.ARCHIVE.2000.0307>

- Featherstone, J. D. B. (2004). The continuum of dental caries--evidence for a dynamic disease process. *Journal of dental research*, 83 Spec No C(SPEC. ISS. C). <https://doi.org/10.1177/154405910408301S08>
- Featherstone, J. D., Fontana, M., & Wolff, M. (2018). Novel Anticaries and Remineralization Agents: Future Research Needs. *Journal of dental research*, 97(2), 125-127. <https://doi.org/10.1177/0022034517746371>
- Fejerskov, O., Kidd with Bente Nyvad, E., & Baelum, V. (2008). *Dental Caries: The Disease and its Clinical Management* (Second Edition). Wiley-Blackwell.
- Ferrazzano, G. F., Roberto, L., Amato, I., Cantile, T., Sangianantoni, G., & Ingenito, A. (2011). Antimicrobial properties of green tea extract against cariogenic microflora: an in vivo study. *Journal of medicinal food*, 14(9), 907-911. <https://doi.org/10.1089/JMF.2010.0196>
- Fierascu, R. C. (2022). Incorporation of Nanomaterials in Glass Ionomer Cements-Recent Developments and Future Perspectives: A Narrative Review. *Nanomaterials (Basel, Switzerland)*, 12(21). <https://doi.org/10.3390/NANO12213827>
- Fisher-Owens, S. A., Gansky, S. A., Platt, L. J., Weintraub, J. A., Soobader, M. J., Bramlett, M. D., & Newacheck, P. W. (2007). Influences on children's oral health: a conceptual model. *Pediatrics*, 120(3). <https://doi.org/10.1542/PEDS.2006-3084>
- Foster, T., Perinpanayagam, H., Pfaffenbach, A., & Certo, M. (2006). Recurrence of early childhood caries after comprehensive treatment with general anesthesia and follow-up. *Journal of dentistry for children*.
- Francois, P., Fouquet, V., Attal, J. P., & Dursun, E. (2020). Commercially Available Fluoride-Releasing Restorative Materials: A Review and a Proposal for Classification. *Materials*, 13(10), 2313. <https://doi.org/10.3390/MA13102313>
- Friedl, K., Hiller, K. A., & Friedl, K. H. (2011). Clinical performance of a new glass ionomer based restoration system: a retrospective cohort study. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 27(10), 1031-1037. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2011.07.004>
- Fröhlich, T. T., Rocha, R. de O., & Botton, G. (2020). Does previous application of silver diammine fluoride influence the bond strength of glass ionomer cement and adhesive systems to dentin? Systematic review and meta-analysis. *International journal of paediatric dentistry*, 30(1), 85-95. <https://doi.org/10.1111/IPD.12571>

- Fung, M. H. T., Duangthip, D., Wong, M. C. M., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2018). Randomized Clinical Trial of 12% and 38% Silver Diamine Fluoride Treatment. *Journal of Dental Research*, 97(2), 171-178. <https://doi.org/10.1177/0022034517728496>,
- Gale, M. S., & Darvell, B. W. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of dentistry*, 27(2), 89-99. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(98\)00037-2](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(98)00037-2)
- Gao, S. S., Zhang, S., Mei, M. L., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2016). Caries remineralisation and arresting effect in children by professionally applied fluoride treatment - a systematic review. *BMC Oral Health*, 16(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/S12903-016-0171-6/FIGURES/3>
- GC Europe. (2022). *EQUIA Forte HT* | GC Europe. GC Europe.
- Ge, K. X., Quock, R., Chu, C. H., & Yu, O. Y. (2022). The preventive effect of glass ionomer restorations on new caries formation: A systematic review and meta-analysis. *Journal of dentistry*, 125. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2022.104272>
- Gedif Meseret, A. (2021). Oral Biofilm and Its Impact on Oral Health, Psychological and Social Interaction. *International Journal of Oral and Dental Health*, 7(1). <https://doi.org/10.23937/2469-5734/1510127>
- Giacaman, R. A., Muñoz-Sandoval, C., Neuhaus, K. W., Fontana, M., & Chalas, R. (2018). Evidence-based strategies for the minimally invasive treatment of carious lesions: Review of the literature. *Advances in clinical and experimental medicine : official organ Wroclaw Medical University*, 27(7), 1009-1016. <https://doi.org/10.17219/ACEM/77022>
- Gil-Bona, A., & Bidlack, F. B. (2020). Tooth Enamel and Its Dynamic Protein Matrix. *International Journal of Molecular Sciences* 2020, Vol. 21, Page 4458, 21(12), 4458. <https://doi.org/10.3390/IJMS21124458>
- Goldberg, M. (2011). Dentin structure composition and mineralization. *Frontiers in Bioscience*, E3(2), 281. <https://doi.org/10.2741/e281>
- Grandjean, M.-L., Maccarone, N. R., McKenna, G., Müller, F., & Srinivasan, M. (2021). Silver Diamine Fluoride (SDF) in the management of root caries in elders: a

- systematic review and meta-analysis. *Swiss dental journal*, 131(5), 417-424.
<https://doi.org/10.61872/SDJ-2021-05-02>
- Grawish, M. E., Grawish, L. M., Grawish, H. M., Grawish, M. M., Holiel, A. A., Sultan, N., & El-Negoly, S. A. (2022). Demineralized Dentin Matrix for Dental and Alveolar Bone Tissues Regeneration: An Innovative Scope Review. *Tissue engineering and regenerative medicine*, 19(4), 687-701.
<https://doi.org/10.1007/S13770-022-00438-4>
- Greenwall-Cohen, J., Greenwall, L., & Barry, S. (2020). Silver diamine fluoride - an overview of the literature and current clinical techniques. *British dental journal*, 228(11), 831-838. <https://doi.org/10.1038/S41415-020-1641-4>
- Griffith, M. (2021). Treating Deep Caries in 277 Adult Teeth With Silver Fluoride. *Journal of the California Dental Association*, 49(1), 13-17.
<https://doi.org/10.1080/19424396.2021.12222658>
- Guerrieri, A., Gaucher, C., Bonte, E., & Lasfargues, J. J. (2012). Minimal intervention dentistry: part 4. Detection and diagnosis of initial caries lesions. *British dental journal*, 213(11), 551-557. <https://doi.org/10.1038/SJ.BDJ.2012.1087>
- Guirado, E., & George, A. (2021). Dentine matrix metalloproteinases as potential mediators of dentine regeneration. *European cells & materials*, 42, 392-400.
<https://doi.org/10.22203/ECM.V042A24>
- Gwinnett, J. A., Tay, F. R., Pang, K. M., & Wei, S. H. Y. (1995). Comparison of three methods of critical evaluation of microleakage along restorative interfaces. *The Journal of prosthetic dentistry*, 74(6), 575-585. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(05\)80308-7](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(05)80308-7)
- Hara, A. T., Pimenta, L. A. F., & Rodrigues, A. L. (2001). Influence of cross-head speed on resin-dentin shear bond strength. *Dental Materials*, 17(2), 165-169.
[https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(00\)00060-9](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(00)00060-9)
- Hassanen, D., Mostafa Assistant Professor, M., & Hashem, S. (2022). The Effect of Silver Diamine Fluoride on Microleakage and Shear Bond Strength of Glass Ionomer. *Al-Azhar Journal of Dentistry*, 9(2), 18.
<https://doi.org/10.21608/adjg.2022.54653.1324>
- Hicks, J., Garcia-Godoy, F., & Flaitz, C. (2004). Biological factors in dental caries enamel structure and the caries process in the dynamic process of demineralization and

- remineralization (part 2). *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 28(2), 119-124. <https://doi.org/10.17796/JCPD.28.2.617404W302446411>
- Hiraishi, N., Yiu, C. K. Y., King, N. M., Tagami, J., & Tay, F. R. (2010). Antimicrobial efficacy of 3.8% silver diamine fluoride and its effect on root dentin. *Journal of endodontics*, 36(6), 1026-1029. <https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2010.02.029>
- Horst, J. A., Ellenikiotis, H., Silver, U., Committee, C. A., & Milgrom, P. M. (2016). UCSF Protocol for Caries Arrest Using Silver Diamine Fluoride: Rationale, Indications, and Consent. *Journal of the California Dental Association*, 44(1), 16. [/pmc/articles/PMC4778976/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/304778976/)
- Hoshika, S., Ting, S., Ahmed, Z., Chen, F., Toida, Y., Sakaguchi, N., Van Meerbeek, B., Sano, H., & Sidhu, S. K. (2021). Effect of conditioning and 1 year aging on the bond strength and interfacial morphology of glass-ionomer cement bonded to dentin. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*, 37(1), 106-112. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2020.10.016>
- Hu, S., Meyer, B., & Duggal, M. (2018). A silver renaissance in dentistry. *European archives of paediatric dentistry: official journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*, 19(4), 221-227. <https://doi.org/10.1007/S40368-018-0363-7>
- Innes, N. P. T., Frencken, J. E., Bjørndal, L., Maltz, M., Manton, D. J., Ricketts, D., Van Landuyt, K., Banerjee, A., Campus, G., Doméjean, S., Fontana, M., Leal, S., Lo, E., Machiulskiene, V., Schulte, A., Splieth, C., Zandona, A., & Schwendicke, F. (2016). Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Terminology. *Advances in Dental Research*, 28(2), 49-57. <https://doi.org/10.1177/0022034516639276>
- International Organization for Standardization (ISO). (2003). *ISO/TS 11405: Dental materials—Testing of adhesion to tooth structure*.
- Irie, M., Maruo, Y., Nishigawa, G., Suzuki, K., & Watts, D. C. (2008). Class I gap-formation in highly-viscous glass-ionomer restorations: Delayed vs immediate polishing. *Operative Dentistry*, 33(2), 196-202. <https://doi.org/10.2341/07-75>
- Jabin, Z., Nasim, I., Vishnu Priya, V., & Agarwal, N. (2022). Comparative Evaluation of Salivary Fluoride Concentration after Topical Application of Silver Diamine Fluoride and Sodium Fluoride: A Randomized Controlled Trial. *International*

- Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 15(3), 371-375.
<https://doi.org/10.5005/JP-JOURNALS-10005-2398>,
- Jain, M. ; J. V. ; A. N. (2018). A review on application of silver diamine fluoride in dentistry. *International Journal of Oral Health Dentistry*, 4, 58-62.
- Jain, M., Namdev, R., Meenakshi Bodh, •, Dutta, • Samir, Singhal, P., & Kumar, A. (2015). Social and Behavioral Determinants for Early Childhood Caries among Preschool Children in India. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 9(2), 115. <https://doi.org/10.15171/JODDD.2014.023>
- Jiang, M., Mei, M. L., Wong, M. C. M., Chu, C. H., & Lo, E. C. M. (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). <https://doi.org/10.1186/S12903-020-1030-Z>
- Kale, Y. J., Misal, S., Dadpe, M., Dahake, P. T., Kendre, S. B., & Jain, M. (2022). Comparative Evaluation of Cariostatic and Remineralizing Potential of Two Commercial Silver Diamine Fluoride Preparations Using Confocal Laser Microscopy and EDX-SEM Spectroscopy: An In Vitro Study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 15(4), 442-449. <https://doi.org/10.5005/JP-JOURNALS-10005-2423>,
- Kamath, P., Nayak, R., Kamath, S. U., & Pai, D. (2017). A comparative evaluation of the remineralization potential of three commercially available remineralizing agents on white spot lesions in primary teeth: An in vitro study. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 35(3), 229-237. https://doi.org/10.4103/JISPPD.JISPPD_242_16
- Kaplan, I., Mincer, H. H., Harris, E. F., & Cloyd, J. S. (1992). Microleakage of composite resin and glass ionomer cement restorations in retentive and nonretentive cervical cavity preparations. *The Journal of prosthetic dentistry*, 68(4), 616-623. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(92\)90375-K](https://doi.org/10.1016/0022-3913(92)90375-K)
- Karahan, M., & Eliaçık, K. (2021). Çocuk Diş Hekimliğinde Gümüş Diamin Florürün Kullanımı. *Medical Research Reports*, 4(1), 37-48.
- Kassebaum, N. J., Smith, A. G. C., Bernabé, E., Fleming, T. D., Reynolds, A. E., Vos, T., Murray, C. J. L., Marcenes, W., Abyu, G. Y., Alsharif, U., Asayesh, H., Benzian, H., Dandona, L., Dandona, R., Kasaeian, A., Khader, Y. S., Khang, Y. H.,

- Kokubo, Y., Kotsakis, G. A., ... Yonemoto, N. (2017). Global, Regional, and National Prevalence, Incidence, and Disability-Adjusted Life Years for Oral Conditions for 195 Countries, 1990-2015: A Systematic Analysis for the Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors. *Journal of Dental Research*, 96(4), 380-387. https://doi.org/10.1177/0022034517693566/SUPPL_FILE/DS_10.1177_0022034517693566.ZIP
- Khor, M. M. Y., Rosa, V., Sim, C. J., Hong, C. H. L., & 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(5), 698-704. <https://doi.org/10.4012/DMJ.2021-319>
- Khoroushi, M., Mansoori-Karvandi, T., & Hadi, S. (2012). The effect of pre-warming and delayed irradiation on marginal integrity of a resin-modified glass-ionomer. *General Dentistry*, 60(6).
- Kidd, E. A. (1976). Microleakage in relation to amalgam and composite restorations. A laboratory study. *British dental journal*, 141(10), 305-310. <https://doi.org/10.1038/SJ.BDJ.4803840>
- Kidd, E. A. M. ., & Fejerskov, Ole. (2016). *Essentials of dental caries*. 196. <https://global.oup.com/academic/product/essentials-of-dental-caries-9780198738268>
- Kidd, E., Fejerskov, O., & Nyvad, B. (2015). Infected Dentine Revisited. *Dental update*, 42(9), 802-809. <https://doi.org/10.12968/DENU.2015.42.9.802>
- Kiesow, A., Menzel, M., Lippert, F., Tanzer, J. M., & Milgrom, P. (2022). Dentin tubule occlusion by a 38% silver diamine fluoride gel: an in vitro investigation. *BDJ open*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/S41405-022-00095-8>
- Kilian, M., Chapple, I. L. C., Hannig, M., Marsh, P. D., Meuric, V., Pedersen, A. M. L., Tonetti, M. S., Wade, W. G., & Zaura, E. (2016). The oral microbiome - an update for oral healthcare professionals. *British dental journal*, 221(10), 657-666. <https://doi.org/10.1038/SJ.BDJ.2016.865>
- Kim, J. S., Kuk, E., Yu, K. N., Kim, J. H., Park, S. J., Lee, H. J., Kim, S. H., Park, Y. K., Park, Y. H., Hwang, C. Y., Kim, Y. K., Lee, Y. S., Jeong, D. H., & Cho, M. H. (2007). Antimicrobial effects of silver nanoparticles. *Nanomedicine* :

- nanotechnology, biology, and medicine*, 3(1), 95-101.
<https://doi.org/10.1016/J.NANO.2006.12.001>
- KJ, H., JR, D., PS, C., JK, M., & J, P. (2020). Silver Diamine Fluoride and Fluoride Varnish May Halt Interproximal Caries Progression in the Primary Dentition. *The Journal of clinical pediatric dentistry*, 44(2), 79-83. <https://doi.org/10.17796/1053-4625-44.2.2>
- Knight, G. M., McIntyre, J. M., Craig, G. G., Mulyani, Zilm, P. S., & Gully, N. J. (2007). Differences between normal and demineralized dentine pretreated with silver fluoride and potassium iodide after an in vitro challenge by Streptococcus mutans. *Australian dental journal*, 52(1), 16-21. <https://doi.org/10.1111/J.1834-7819.2007.TB00460.X>
- Knight, G. M., McIntyre, J. M., & Mulyani. (2006). The effect of silver fluoride and potassium iodide on the bond strength of auto cure glass ionomer cement to dentine. *Australian dental journal*, 51(1), 42-45. <https://doi.org/10.1111/J.1834-7819.2006.TB00399.X>
- Koenraads, H., Van der Kroon, G., & Frencken, J. E. (2009). Compressive strength of two newly developed glass-ionomer materials for use with the Atraumatic Restorative Treatment (ART) approach in class II cavities. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 25(4), 551-556. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2008.12.008>
- Kulal, R., Jayanti, I., Sambashivaiah, S., & Bilchodmath, S. (2016). An In-vitro Comparison of Nano Hydroxyapatite, Novamin and Proargin Desensitizing Toothpastes - A SEM Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research : JCDR*, 10(10), ZC51. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/18991.8649>
- Küçük, G. (2023). Atravmatik Restoratif Tedavi Atraumatic Restorative Treatment. İçinde *EÜ Dişhek Fak Derg*. <https://orcid.org/0009-0005-1763-846X>
- Lansdown, A. B. G. (2006). Silver in health care: antimicrobial effects and safety in use. *Current problems in dermatology*, 33, 17-34. <https://doi.org/10.1159/000093928>
- Leinfelder, K. F. (2001). Dentin adhesives for the twenty-first century. *Dental Clinics of North America*, 45(1), 1-6.
- Lena Sezici, Y., Yetkiner, E., Aykut Yetkiner, A., Eden, E., & Attin, R. (2021). Comparative evaluation of fluoride varnishes, self-assembling peptide-based remineralization

- agent, and enamel matrix protein derivative on artificial enamel remineralization in vitro. *Progress in orthodontics*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/S40510-020-00345-1>
- Lloyd, B. A., Mcginley, M. B., & Brown, W. S. (1978). Thermal stress in teeth. *Journal of dental research*, 57(4), 571-582. <https://doi.org/10.1177/00220345780570040701>
- Loguercio, A. D., de Oliveira Bauer, J. R., Reis, A., & Grande, R. H. M. (2004). In vitro microleakage of packable composites in Class II restorations. *Quintessence International*, 35(1), 29-34.
- Lu, H., Roeder, L. B., Lei, L., & Powers, J. M. (2005). Effect of surface roughness on stain resistance of dental resin composites. *Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et al.]*, 17(2), 102-108. <https://doi.org/10.1111/J.1708-8240.2005.TB00094.X>
- Lupi-Pégurier, L., Bertrand, M. F., Genovese, O., Rocca, J. P., & Muller-Bolla, M. (2007). Microleakage of resin-based sealants after Er:YAG laser conditioning. *Lasers in medical science*, 22(3), 183-188. <https://doi.org/10.1007/S10103-006-0437-3>
- Lynch, R. J. M., Navada, R., & Walia, R. (2004). Low-levels of fluoride in plaque and saliva and their effects on the demineralisation and remineralisation of enamel; role of fluoride toothpastes. *International dental journal*, 54(5 Suppl 1), 304-309. <https://doi.org/10.1111/J.1875-595X.2004.TB00003.X>
- Manuja, N., Pandit, I. K., Srivastava, N., Gugnani, N., & Nagpal, R. (2011). Comparative evaluation of shear bond strength of various esthetic restorative materials to dentin: an in vitro study. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 29(1), 7-13. <https://doi.org/10.4103/0970-4388.79913>
- Marsh, P. D. (2018). In Sickness and in Health—What Does the Oral Microbiome Mean to Us? An Ecological Perspective. *Advances in Dental Research*, 29(1), 60-65. <https://doi.org/10.1177/0022034517735295>
- Mason, P. M., Ferrari, M., Cagidiaco, M. C., & Davidson, C. L. (1996). Shear bond strength of four dentinal adhesives applied in vivo and in vitro. *Journal of Dentistry*, 24(3), 217-222. [https://doi.org/10.1016/0300-5712\(94\)00011-5](https://doi.org/10.1016/0300-5712(94)00011-5)
- McDonough, W. G., Antonucci, J. M., He, J., Shimada, Y., Chiang, M. Y. M., Schumacher, G. E., & Schultheisz, C. R. (2002). A microshear test to measure bond strengths

- of dentin-polymer interfaces. *Biomaterials*, 23(17), 3603-3608. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(02\)00089-3](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(02)00089-3)
- Mei, M. L., Ito, L., Cao, Y., Li, Q. L., Chu, C. H., & Lo, E. C. M. (2014). The inhibitory effects of silver diamine fluorides on cysteine cathepsins. *Journal of dentistry*, 42(3), 329-335. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2013.11.018>
- Mei, M. L., Li, Q. L., Chu, C. H., Lo, E. C. M., & Samaranayake, L. P. (2013). Antibacterial effects of silver diamine fluoride on multi-species cariogenic biofilm on caries. *Annals of clinical microbiology and antimicrobials*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/1476-0711-12-4>
- Mei, M. L., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2016). Clinical Use of Silver Diamine Fluoride in Dental Treatment. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)*, 37(2), 93-98; quiz100. <https://europepmc.org/article/med/26905088>
- Mei, M. L., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2018). Arresting Dentine Caries with Silver Diamine Fluoride: What's Behind It? *Journal of Dental Research*, 97(7), 751-758. <https://doi.org/10.1177/0022034518774783>
- Mei, M. L., Zhao, I. S., Ito, L., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2016). Prevention of secondary caries by silver diamine fluoride. *International Dental Journal*, 66(2), 71-77. <https://doi.org/10.1111/idj.12207>
- Michelle L. Thomas, Kelly Magher, Leda Mugayar, Maria Dávila, & Scott L. Tomar. (2020). Silver Diamine Fluoride Helps Prevent Emergency Visits in Children with Early Childhood Caries. *Pediatric Dentistry*, 42(3), 217-220.
- Mickenausch, S. (2016). High-viscosity glass-ionomer cements for direct posterior tooth restorations in permanent teeth: The evidence in brief. *Journal of dentistry*, 55, 121-123. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2016.10.007>
- Milgrom, P., & Chi, D. L. (2011). Prevention-centered caries management strategies during critical periods in early childhood. *Journal of the California Dental Association*, 39(10), 735-741. <https://doi.org/10.1080/19424396.2011.12221951>
- Milgrom, P., Horst, J. A., Ludwig, S., Rothen, M., Chaffee, B. W., Lyalina, S., Pollard, K. S., DeRisi, J. L., & Mancl, L. (2018). Topical silver diamine fluoride for dental caries arrest in preschool children: A randomized controlled trial and microbiological analysis of caries associated microbes and resistance gene

- expression. *Journal of dentistry*, 68, 72-78.
<https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2017.08.015>
- Mitchell, C., Gross, A. J., Milgrom, P., Mancl, L., & Prince, D. B. (2021). Silver diamine fluoride treatment of active root caries lesions in older adults: A case series. *Journal of dentistry*, 105. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2020.103561>
- Modasia, R., & Modasia, D. (2021). Application of silver diamine fluoride as part of the Atraumatic Restorative Technique. *BDJ Student 2021* 28:2, 28(2), 42-43.
<https://doi.org/10.1038/s41406-021-0199-1>
- Mohammadi, N., Fattah, Z., & Borazjani, L. V. (2023). Nano-cellulose Reinforced Glass Ionomer Restorations: An In Vitro study. *International dental journal*, 73(2), 243-250. <https://doi.org/10.1016/J.IDENTJ.2022.07.013>
- Mueninghoff, L. A. ; D. S. K. ; L. K. F., Dunn, S. K., & Leinfelder, K. F. (1990). Comparison of dye and ion microleakage tests. *American Journal of Dentistry*, 3(5), 192-194.
- Mustafa, H. A., Soares, A. P., Paris, S., Elhennawy, K., & Zaslansky, P. (2020). The forgotten merits of GIC restorations: a systematic review. *Clinical oral investigations*, 24(7), 2189-2201. <https://doi.org/10.1007/S00784-020-03334-0>
- Muşat, V., Anghel, E. M., Zaharia, A., Atkinson, I., Mocioiu, O. C., Buşilă, M., & Alexandru, P. (2021). A Chitosan–Agarose Polysaccharide-Based Hydrogel for Biomimetic Remineralization of Dental Enamel. *Biomolecules*, 11(8), 1137. <https://doi.org/10.3390/BIOM11081137>
- Najeeb, S., Khurshid, Z., Zafar, M. S., Khan, A. S., Zohaib, S., Martí, J. M. N., Sauro, S., Matinlinna, J. P., & Rehman, I. U. (2016). Modifications in Glass Ionomer Cements: Nano-Sized Fillers and Bioactive Nanoceramics. *International journal of molecular sciences*, 17(7). <https://doi.org/10.3390/IJMS17071134>
- Nantanee, R., Santiwong, B., Trairatvorakul, C., Hamba, H., & Tagami, J. (2016). Silver diamine fluoride and glass ionomer differentially remineralize early caries lesions, in situ. *Clinical oral investigations*, 20(6), 1151-1157. <https://doi.org/10.1007/S00784-015-1603-4>
- Natarajan, D. (2022). *Frontiers in Dentistry Silver Modified Atraumatic Restorative Technique: A Way towards “SMART” Pediatric Dentistry during the COVID-19 Pandemic.*

- Neel, E. A. A., Aljabo, A., Strange, A., Ibrahim, S., Coathup, M., Young, A. M., Bozec, L., & Mudera, V. (2016). Demineralization–remineralization dynamics in teeth and bone. *International Journal of Nanomedicine*, 11, 4743. <https://doi.org/10.2147/IJN.S107624>
- Neelakantan, P., Berger, T., Primus, C., Shemesh, H., & Wesselink, P. R. (2019). Acidic and alkaline chemicals' influence on a tricalcium silicate-based dental biomaterial. *Journal of biomedical materials research. Part B, Applied biomaterials*, 107(2), 377-387. <https://doi.org/10.1002/JBM.B.34129>
- Nicholson, J. W. (2016). Adhesion of glass-ionomer cements to teeth: A review. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 69, 33-38. <https://doi.org/10.1016/J.IJADHADH.2016.03.012>
- Nimbeni, S. B., Nimbeni, B. S., & Divakar, D. D. (2021). Role of Chitosan in Remineralization of Enamel and Dentin: A Systematic Review. *International journal of clinical pediatric dentistry*, 14(4), 562-568. <https://doi.org/10.5005/JP-JOURNALS-10005-1971>
- Ning, T. Y., Xu, X. H., Zhu, L. F., Zhu, X. P., Chu, C. H., Liu, L. K., & Li, Q. L. (2012). Biomimetic mineralization of dentin induced by agarose gel loaded with calcium phosphate. *Journal of biomedical materials research. Part B, Applied biomaterials*, 100(1), 138-144. <https://doi.org/10.1002/JBM.B.31931>
- Nur Görken, F., Pınar Erdem, A., İkkarakayalı, G., & Sepet, E. (2013). NANO-HİDROKSİAPATİTLİ (n-HAp) DİŞ MACUNLARININ MİNE REMİNERALİZASYONU ÜZERİNE ETKİLERİ. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 47(2), 81-88. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jiufd/issue/8952/111550>
- Olczak-Kowalczyk, D., Gozdowski, D., & Turska-Szybka, A. (2021). Protective Factors for Early Childhood Caries in 3-Year-Old Children in Poland. *Frontiers in pediatrics*, 9. <https://doi.org/10.3389/FPED.2021.583660>
- Olegário, I. C., Malagrana, A. P. V. F. P., Kim, S. S. H., Hesse, D., Tedesco, T. K., Calvo, A. F. B., Camargo, L. B., & Raggio, D. P. (2015). Mechanical properties of high-viscosity glass ionomer cement and nanoparticle glass carbomer. *Journal of Nanomaterials*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/472401>

- Oliveira, B. H., Cunha-Cruz, J., Rajendra, A., & Niederman, R. (2018). Controlling caries in exposed root surfaces with silver diamine fluoride: A systematic review with meta-analysis. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 149(8), 671-679.e1. <https://doi.org/10.1016/J.ADAJ.2018.03.028>
- Oliveira, B. H., Rajendra, A., Veitz-Keenan, A., & Niederman, R. (2019). The effect of silver diamine fluoride in preventing caries in the primary dentition: A systematic review and meta-analysis. *Caries Research*, 53(1), 24-32. <https://doi.org/10.1159/000488686>,
- Osama, S., Badran, A. S., & Awad, B. G. (2024). Effect of silver diamine fluoride on the microleakage of flowable resin composite and glass ionomer cement restorations to carious primary dentin: an-in vitro study. *BMC oral health*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/S12903-024-03861-2>
- P, N. U., & Kishore, G. (2005). Glass ionomer cement - The different generations. *Trends in Biomaterials and Artificial Organs*, 18(2), 158-165. <https://researcher.manipal.edu/en/publications/glass-ionomer-cement-the-different-generations>
- Pajor, K., Pajchel, L., & Kolmas, J. (2019). Hydroxyapatite and Fluorapatite in Conservative Dentistry and Oral Implantology—A Review. *Materials*, 12(17), 2683. <https://doi.org/10.3390/MA12172683>
- Park, E. Y., & Kang, S. (2020). Current aspects and prospects of glass ionomer cements for clinical dentistry. *Yeungnam University journal of medicine*, 37(3), 169-178. <https://doi.org/10.12701/YUJM.2020.00374>
- Pashley, D. H., Sano, H., Ciucchi, B., Yoshiyama, M., & Carvalho, R. M. (1995). Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 11(2), 117-125. [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(95\)80046-8](https://doi.org/10.1016/0109-5641(95)80046-8)
- Peng, J. J. Y., Botelho, M. G., & Matinlinna, J. P. (2012). Silver compounds used in dentistry for caries management: a review. *Journal of dentistry*, 40(7), 531-541. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2012.03.009>
- Percival, S. L., Bowler, P. G., & Russell, D. (2005). Bacterial resistance to silver in wound care. *The Journal of hospital infection*, 60(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/J.JHIN.2004.11.014>

- Petersen, P. E. (2003). The World Oral Health Report 2003: continuous improvement of oral health in the 21st century--the approach of the WHO Global Oral Health Programme. *Community dentistry and oral epidemiology*, 31 Suppl 1(SUPPL. 1), 3-24. <https://doi.org/10.1046/J..2003.COM122.X>
- Petersen, P. E. (2016). PREVENTION OF DENTAL CARIES THROUGH THE EFFECTIVE USE OF FLUORIDE – THE PUBLIC HEALTH APPROACH. *STOMATOLOGY EDU JOURNAL*, 3(2), 130-140. [https://doi.org/10.25241/2016.3\(2\).1](https://doi.org/10.25241/2016.3(2).1)
- Peterson, E. A., Phillips, R. W., & Swartz, M. L. (1966). A comparison of the physical properties of four restorative resins. *Journal of the American Dental Association* (1939), 73(6), 1324-1336. <https://doi.org/10.14219/JADA.ARCHIVE.1966.0352>
- Piovesan, É. T. de A., Alves, J. B., Ribeiro, C. D. P. V., Massignan, C., Bezerra, A. C. B., & Leal, S. C. (2023). Is silver diamine fluoride effective in reducing dentin hypersensitivity? A systematic review. *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects*, 17(2), 63-70. <https://doi.org/10.34172/JODDD.2023.35449>
- Pitts, N. B., Baez, R. J., Diaz-Guillory, & C. (2019). Early childhood caries: IAPD Bangkok declaration. *Journal of Dentistry for Children (Chicago, Ill)*, 86(2).
- Pitts, N. B., Twetman, S., Fisher, J., & Marsh, P. D. (2021). Understanding dental caries as a non-communicable disease. *British Dental Journal*, 231(12), 749-753. <https://doi.org/10.1038/S41415-021-3775-4;KWRD=DENTISTRY>
- Pitts, N. B., Zero, D. T., Marsh, P. D., Ekstrand, K., Weintraub, J. A., Ramos-Gomez, F., Tagami, J., Twetman, S., Tsakos, G., & Ismail, A. (2017). Dental caries. *Nature reviews. Disease primers*, 3. <https://doi.org/10.1038/NRDP.2017.30>
- Piva, E., Meinhardt, L., Demarco, F. F., & Powers, J. M. (2002). Dyes for caries detection: influence on composite and compomer microleakage. *Clinical oral investigations*, 6(4), 244-248. <https://doi.org/10.1007/S00784-002-0182-3>
- Pradeepika Liyana Arachchige, A., Sultan, A., & Herath, C. (2021). Silver diamine fluoride for early childhood caries- A boon for dentists during COVID-19 pandemic. *International Journal of Oral Health Dentistry*, 7(3), 161-165. <https://doi.org/10.18231/J.IJOHD.2021.033>
- Quock, R. (2015). Dental Caries: A Current Understanding and Implications. *Journal of Nature and Science*.

- Rao, A., & Malhotra, N. (2011). The role of remineralizing agents in dentistry: a review. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)*, 32(6), 26-33; quiz 34, 36. <https://europepmc.org/article/med/21894873>
- 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(1), 14233. <https://doi.org/10.1038/S41598-023-41511-9>
- Robinson, C., Shore, R. C., Brookes, S. J., Strafford, S., Wood, S. R., & Kirkham, J. (2000). The chemistry of enamel caries. *Critical reviews in oral biology and medicine : an official publication of the American Association of Oral Biologists*, 11(4), 481-495. <https://doi.org/10.1177/10454411000110040601>
- Romero, M. J. R. H., & Lippert, F. (2021). Indirect caries-preventive effect of silver diamine fluoride on adjacent dental substrate: A single-section demineralization study. *European Journal of Oral Sciences*, 129(1). <https://doi.org/10.1111/EOS.12751>,
- Roopa, K. B., Pathak, S., Poornima, P., & Neena, I. E. (2015). White spot lesions: A literature review. *Journal of Pediatric Dentistry*, 3(1), 1-7. <https://doi.org/10.4103/2321-6646.151839>
- Rosenblatt, A., Stamford, T. C. M., & Niederman, R. (2009). Silver diamine fluoride: A caries “silver-fluoride bullet”. *Journal of Dental Research*, 88(2), 116-125. <https://doi.org/10.1177/0022034508329406>
- Rossomando, K. J., & Wendt, S. L. (1995). Thermocycling and dwell times in microleakage evaluation for bonded restorations. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 11(1), 47-51. [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/0109-5641(95)80008-5)
- Ruff, R. R., Whittemore, R., Grochecki, M., Bateson, J., & Godín, T. J. B. (2022). Silver diamine fluoride and oral health-related quality of life: A review and network meta-analysis. *PLOS ONE*, 17(2), e0261627. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0261627>
- Rüttermann, S., Braun, A., & Janda, R. (2013). Shear Bond Strength and Fracture Analysis of Human vs. Bovine Teeth. *PLOS ONE*, 8(3), e59181. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0059181>

- Salz, U., & Bock, T. (2010). Testing adhesion of direct restoratives to dental hard tissue - a review. *The journal of adhesive dentistry*, 12(5), 343-371.
<https://doi.org/10.3290/J.JAD.A19741>
- Sarvas, E., Loo CY, & Nelson S. (2020). The History and Use of Silver Diamine Fluoride in Dentistry: A Review. *Journal of the Michigan Dental Association*, 102(2), 30-33.
- Savaş, S., & Küçükyılmaz, E. (2015). DİŞ HEKİMLİĞİNDE KULLANILAN REMİNERALİZASYON AJANLARI VE ÇÜRÜK ÖNLEYİCİ AJANLAR. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 24(3), 113-125.
<https://doi.org/10.17567/DFD.94552>
- Schneider, B. T., Baumann, M. A., Watanabe, L. G., & Marshall, G. W. (2000). Dentin shear bond strength of compomers and composites. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 16(1), 15-19.
[https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(99\)00078-0](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(99)00078-0)
- Seifo, N., Cassie, H., Radford, J. R., & Innes, N. P. T. (2021). "I guess it looks worse to me, it doesn't look like there's been a problem solved but obviously there is": a qualitative exploration of children's and their parents' views of silver diamine fluoride for the management of carious lesions in children. *BMC Oral Health*, 21(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/S12903-021-01730-W/TABLES/1>
- 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* 2020 228:2, 228(2), 75-81.
<https://doi.org/10.1038/s41415-020-1203-9>
- Shah, S., Bhaskar, V., Venkatraghavan, K., Choudhary, P., M., G., & Trivedi, K. (2014). Silver Diamine Fluoride: A Review and Current Applications. *Journal of Advanced Oral Research*, 5(1), 25-35.
<https://doi.org/10.1177/2229411220140106>
- Sihra, R., Schroth, R. J., Bertone, M., Martin, H., Patterson, B., Mittermuller, B.-A., Lee, V., Moffatt, M. E. K., Klus, B., Fontana, M., & Robertson, L. (2020). *The Effectiveness of Silver Diamine Fluoride and Fluoride Varnish in Arresting Caries in Young Children and Associated Oral Health-Related Quality of Life*.

- Singh, M., Agrawal, N., Ghosh, J., & Bhattacharya, M. (2022). Original Research Silver Diamine Fluoride: A Magic Bullet. *Journal of Advanced Medical and Dental Sciences Research* |Vol. <https://doi.org/10.21276/jamdsr>
- Sirisha, K., Rambabu, T., Ravishankar, Y., & Ravikumar, P. (2014). Validity of bond strength tests: A critical review-Part II. *Journal of Conservative Dentistry : JCD*, 17(5), 420. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.139823>
- Slayton, R. L., Urquhart, O., Araujo, M. W. B., Fontana, M., Guzmán-Armstrong, S., Nascimento, M. M., Nový, B. B., Tinanoff, N., Weyant, R. J., Wolff, M. S., Young, D. A., Zero, D. T., Tampi, M. P., Pilcher, L., Banfield, L., & Carrasco-Labra, A. (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* (1939), 149(10), 837-849.e19. <https://doi.org/10.1016/J.ADAJ.2018.07.002>
- Soi, S., Vinayak, V., Singhal, A., & Roy, S. (2013). Fluorides and their role in demineralization and remineralization. *Journal of Dental Sciences & Oral Rehabilitation*, 14, 19-21.
- Soni, A., Paul, S., & Sachdeva, P. (2021). Silver diamine fluoride as a minimally invasive and aerosol free approach in pediatric dentistry: An extensive case series. *Contemporary Pediatric Dentistry*, 2(2), 42-54. <https://doi.org/10.51463/CPD.2021.51>
- Spierings, T. A. M., Peters, M. C. R. B., Bosman, F., & Plasschaert, A. J. M. (1987). Verification of theoretical modeling of heat transmission in teeth by in vivo experiments. *Journal of dental research*, 66(8), 1336-1339. <https://doi.org/10.1177/00220345870660080901>
- Suresh, K. S. ; N. J. (2011). Evaluation of shear bond strengths of FUJI II and FUJI IX with and without salivary contamination on deciduous molars – an in vitro study. *Annals and Essences of Dentistry (AOSR)*, 1(3), 139-145.
- Tanner, A. C. R., Kressirer, C. A., Rothmiller, S., Johansson, I., & Chalmers, N. I. (2018). The Caries Microbiome: Implications for Reversing Dysbiosis. *Advances in dental research*, 29(1), 78-85. <https://doi.org/10.1177/0022034517736496>,
- Taylor, M. J., & Lynch, E. (1992). Microleakage. *Journal of dentistry*, 20(1), 3-10. [https://doi.org/10.1016/0300-5712\(92\)90002-T](https://doi.org/10.1016/0300-5712(92)90002-T)

- Tedesco, T. K., Calvo, A. F. B., Lenzi, T. L., Hesse, D., Guglielmi, C. A. B., Camargo, L. B., Gimenez, T., Braga, M. M., & Raggio, D. P. (2017). ART is an alternative for restoring occlusoproximal cavities in primary teeth - evidence from an updated systematic review and meta-analysis. *International journal of paediatric dentistry*, 27(3), 201-209. <https://doi.org/10.1111/IPD.12252>
- Ten Cate, J. M. (2013). Contemporary perspective on the use of fluoride products in caries prevention. *British Dental Journal* 2013 214:4, 214(4), 161-167. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2013.162>
- ten Cate, J. M., & Buzalaf, M. A. R. (2019). Fluoride Mode of Action: Once There Was an Observant Dentist . . .: *Journal of Dental Research*, 98(7), 725-730. <https://doi.org/10.1177/0022034519831604>
- ten Cate, J. M., & Mundorff-Shrestha, S. A. (1995). Working Group Report 1: Laboratory models for caries (in vitro and animal models). *Advances in dental research*, 9(3), 332-334. <https://doi.org/10.1177/08959374950090032001>
- ten Gate, J. M., Buijs, M. J., & Damen, J. J. M. (1995). pH-cycling of enamel and dentin lesions in the presence of low concentrations of fluoride. *European Journal of Oral Sciences*, 103(6), 362-367. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0722.1995.TB01858.X>
- Thompson, F. E., McNeel, T. S., Dowling, E. C., Midthune, D., Morrisette, M., & Zeruto, C. A. (2009). Interrelationships of added sugars intake, socioeconomic status, and race/ethnicity in adults in the United States: National Health Interview Survey, 2005. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(8), 1376-1383. <https://doi.org/10.1016/J.JADA.2009.05.002>
- Tigerprints, T., Dissertations, A. D., & O'connell, L. (2022). *Dynamics of the Supragingival Dental Plaque Microbiome and Its Dynamics of the Supragingival Dental Plaque Microbiome and Its Implications in Early Childhood Caries (ECC) Implications in Early Childhood Caries (ECC)*. https://tigerprints.clemson.edu/all_dissertations
- Tinanoff, N. (1998). Introduction to the Early Childhood Caries Conference: initial description and current understanding. *Community dentistry and oral epidemiology*, 26(1 Suppl), 5-7. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0528.1998.TB02089.X>

- Tinanoff, N. (2015). Introduction to the conference: Innovations in the prevention and management of early childhood caries. *Pediatric Dentistry*, 37, 198-199.
- Tinanoff, N., Baez, R. J., Diaz Guillory, C., Donly, K. J., Feldens, C. A., McGrath, C., Phantumvanit, P., Pitts, N. B., Seow, W. K., Sharkov, N., Songpaisan, Y., & Twetman, S. (2019). Early childhood caries epidemiology, aetiology, risk assessment, societal burden, management, education, and policy: Global perspective. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 29(3), 238-248. <https://doi.org/10.1111/ipd.12484>
- Tinanoff, N., & O'Sullivan, D. M. (1997). Early childhood caries: overview and recent findings. *Pediatric Dentistry*, 19(1), 12-16.
- Toledano, M., Osorio, E., Osorio, R., & García-Godoy, F. (1999). Microleakage of Class V resin-modified glass ionomer and compomer restorations. *The Journal of prosthetic dentistry*, 81(5), 610-615. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(99\)70217-9](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(99)70217-9)
- Turton, B., Horn, R., & Durward, C. (2021). Caries arrest and lesion appearance using two different silver fluoride therapies on primary teeth with and without potassium iodide: 12-month results. *Clinical and Experimental Dental Research*, 7(4), 609-619. <https://doi.org/10.1002/CRE2.367>,
- Twetman, S. (2018). Prevention of dental caries as a non-communicable disease. *European Journal of Oral Sciences*, 126, 19-25. <https://doi.org/10.1111/EOS.12528>
- Uchil, S., Suprabha, B., Suman, E., Shenoy, R., Natarajan, S., & Rao, A. (2020). Effect of three silver diamine fluoride application protocols on the microtensile bond strength of resin-modified glass ionomer cement to carious dentin in primary teeth. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 38(2), 138-144. https://doi.org/10.4103/JISPPD.JISPPD_159_20
- Um, I. W., Kim, Y. K., & Mitsugi, M. (2017). Demineralized dentin matrix scaffolds for alveolar bone engineering. *Journal of Indian Prosthodontic Society*, 17(2), 120-127. https://doi.org/10.4103/JIPS.JIPS_62_17
- U.S. Food and Drug Administration. (2017). *FDA Drug Safety Communication: FDA approves label changes for use of general anesthetic and sedation drugs in young children.*

- Uysal, S. (2018). Derleme: başlangıç mine lezyonlarının remineralizasyonunda kullanılan ajanlar. *Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 45(3), 201-210.
- 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 : official publication of the Academy of Dental Materials*, 26(2). <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2009.11.148>
- Van Noort, R., Noroozi, S., Howard, I. C., & Cardew, G. (1989). A critique of bond strength measurements. *Journal of dentistry*, 17(2), 61-67. [https://doi.org/10.1016/0300-5712\(89\)90131-0](https://doi.org/10.1016/0300-5712(89)90131-0)
- Velagala, D., Reddy, A., Reddy, V. N., & Ramavath, N. B. (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(4), 582. <https://doi.org/10.5005/JP-JOURNALS-10005-2651>
- Verma, P., & Muthuswamy Pandian, S. (2021). Bionic effects of nano hydroxyapatite dentifrice on demineralised surface of enamel post orthodontic debonding: in-vivo split mouth study. *Progress in orthodontics*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/S40510-021-00381-5>
- Vos, T., Abajobir, A. A., Abate, K. H., & et al. (2017). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet*, 390(10100), 1211-1259.
- Wahab, F. K., Shaini, F. J., & Morgano, S. M. (2003). The effect of thermocycling on microleakage of several commercially available composite Class V restorations in vitro. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 90(2), 168-174. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(03\)00300-7](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(03)00300-7)
- Wajahat, M., Abbas, B., Tariq, K., Imran, E., Aslam, S., & Khurshid, Z. (2022). Parental perception of silver diamine fluoride for the management of dental caries. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 17(3), 408-414. <https://doi.org/10.1016/J.JTUMED.2021.11.010>

- Wakshlak, R. B. K., Pedahzur, R., & Avnir, D. (2015). Antibacterial activity of silver-killed bacteria: The “zombies” effect. *Scientific Reports*, 5. <https://doi.org/10.1038/SREP09555>
- Wang, A. S., Botelho, M. G., Tsoi, J. K. H., & Matinlinna, J. P. (2016). Effects of silver diammine fluoride on microtensile bond strength of GIC to dentine. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 70, 196-203. <https://doi.org/10.1016/J.IJADHADH.2016.06.011>
- Wang, L., Sakai, V. T., Kawai, E. S., Buzalaf, M. A. R., & Atta, M. T. (2006). Effect of adhesive systems associated with resin-modified glass ionomer cements. *Journal of oral rehabilitation*, 33(2), 110-116. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2842.2006.01536.X>
- Wang, Y., Li, X., Chang, J., Wu, C., & Deng, Y. (2012). Effect of tricalcium silicate (Ca₃SiO₅) bioactive material on reducing enamel demineralization: an in vitro pH-cycling study. *Journal of dentistry*, 40(12), 1119-1126. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2012.09.006>
- Welbury, Richard. (2019). *Paediatric Dentistry*. 408. <https://global.oup.com/academic/product/paediatric-dentistry-9780198789277>
- Williams, P. T., Schramke, D., & Stockton, L. (2002). Comparison of two methods of measuring dye penetration in restoration microleakage studies. *Operative Dentistry*, 27(6), 628-635.
- Wilson, A. D., & Kent, B. E. (1972). A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *British dental journal*, 132(4), 133-135. <https://doi.org/10.1038/SJ.BDJ.4802810>
- Wilson, A. D., & Nicholson, J. W. (2005). 5.9 Glass polyalkenoate (glass-ionomer) cement. *Acid-Base Cements: Their Biomedical and Industrial Applications*, 116-196. http://books.google.com/books?id=BbyF4X__Gn4C&pg=PA116#v=twopage&q&f=false
- Woo, K. J., Hye, C. K., Ki, W. K., Shin, S., So, H. K., & Yong, H. P. (2008). Antibacterial activity and mechanism of action of the silver ion in *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Applied and environmental microbiology*, 74(7), 2171-2178. <https://doi.org/10.1128/AEM.02001-07>

- World Health Organization. (2010). Future Use of Materials for Dental Restoration. *Report of the meeting convened at WHO HQ, Geneva, Switzerland*, 65.
- World Health Organization. (2021). *WHO Model List of Essential Medicines—22nd List*.
- Wu, C. D. (2009). Grape products and oral health. *The Journal of nutrition*, 139(9). <https://doi.org/10.3945/JN.109.107854>
- Xie, D., Brantley, W. A., Culbertson, B. M., & Wang, G. (2000). Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 16(2), 129-138. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(99\)00093-7](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(99)00093-7)
- Xie, H., Zhang, F., Wu, Y., Chen, C., & Liu, W. (2008). Dentine bond strength and microleakage of flowable composite, compomer and glass ionomer cement. *Australian dental journal*, 53(4), 325-331. <https://doi.org/10.1111/J.1834-7819.2008.00074.X>
- Xie, Q., Bedran-Russo, A. K., & Wu, C. D. (2008). In vitro remineralization effects of grape seed extract on artificial root caries. *Journal of dentistry*, 36(11), 900-906. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2008.07.011>
- Yalçinkaya Cengiz, H., Esra Ülker, H., Belli, S., Diş, S. Ü., Fakültesi, H., Tedavi, R., Konya, A. B. D., & Konya, E. A. B. D. (2023). FARKLI ÜRETİM NUMARALI BİR UNİVERSAL ADEZİV REZİNİN MAKASLAMA BAĞLANMA DAYANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ. *Dicle Dental Journal*, 24(2), 45-51. <https://dergipark.org.tr/en/pub/dicledentj/issue/80241/1366531>
- Yamaga, R., Nishino, M., Yoshida, S., & Yokomizo, I. (1972). Diammine silver fluoride and its clinical application. *The Journal of Osaka University Dental School*.
- Yan, I. G., Zheng, F. M., Gao, S. S., Duangthip, D., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2023). Ion Concentration of Silver Diamine Fluoride Solutions. *International Dental Journal*, 72(6), 779. <https://doi.org/10.1016/J.IDENTJ.2022.04.005>
- Yan, I. G., Zheng, F. M., Yin, I. X., Sun, I. G., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2023). Stability of Silver and Fluoride Contents in Silver Diamine Fluoride Solutions. *International Dental Journal*, 73(6), 840-846.
- Yıkılğan, İ., & Kılıç, H. S. (2016). Diş Çürüğü ve Diş Sert Dokuları. *Türkiye Klinikleri Restoratif Diş Tedavisi - Özel Konular*, 2(1), 5-8.

<https://www.turkiyeklinikleri.com/article/tr-dis-curugu-ve-dis-sert-dokulari-73269.html>

- Yip, H. K., Tay, F. R., Ngo, H. C., Smales, R. J., & Pashley, D. H. (2001). Bonding of contemporary glass ionomer cements to dentin. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 17(5), 456-470. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(01\)00007-0](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(01)00007-0)
- Zaharia, A., Muşat, V., Anghel, E. M., Atkinson, I., Mocioiu, O. C., Buşilă, M., & Pleşcan, V. G. (2017). Biomimetic chitosan-hydroxyapatite hybrid biocoatings for enamel remineralization. *Ceramics International*, 43(14), 11390-11402. <https://doi.org/10.1016/J.CERAMINT.2017.05.346>
- Zhao, I. S., Gao, S. S., Hiraishi, N., Burrow, M. F., Duangthip, D., Mei, M. L., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2018). Mechanisms of silver diamine fluoride on arresting caries: a literature review. *International dental journal*, 68(2), 67-76. <https://doi.org/10.1111/IDJ.12320>
- Zhao, J., & Xie, D. (2011). A novel hyperbranched poly(acrylic acid) for improved resin-modified glass-ionomer restoratives. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 27(5), 478-486. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2011.02.005>
- Zheng, F. M., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2023). Outreach Service Using Silver Diamine Fluoride to Arrest Early Childhood Caries. *International Dental Journal*, 73(5), 598-602. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2023.07.169>
- Zheng, F. M., Yan, I. G., Duangthip, D., Gao, S. S., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2022). Silver diamine fluoride therapy for dental care. *The Japanese dental science review*, 58, 249-257. <https://doi.org/10.1016/J.JDSR.2022.08.001>
- Zou, J., Du, Q., Ge, L., Wang, J., Wang, X., Li, Y., Song, G., Zhao, W., Chen, X., Jiang, B., Mei, Y., Huang, Y., Deng, S., Zhang, H., Li, Y., & Zhou, X. (2022). Expert consensus on early childhood caries management. *International journal of oral science*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/S41368-022-00186-0>

EKLER

EK A

A.1 ETİK KURUL ONAYI

Evrak Tarih ve Sayısı: 24.07.2024-71736

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ BİLİMSEL ARAŞTIRMA ETİK KURULU

Sayı: 13
Konu: Prof. Dr. Figen Seymen

Tarih: 12.07.2024

Sayın Prof. Dr. Figen Seymen
Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

İlgi: Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği ABD Başkanlığının 25.04.2024 tarihli yazısı ile Altınbaş Üniversitesi Sağlık Bilimleri Bilimsel Araştırma Etik Kurulunun 2024/16 sayılı yazısı.

Sorumlu araştırmacılığını üstlendiğiniz ve yardımcı araştırmacılığını Dt. Merve Mandal'ın yaptığı 2024/16 dosya numaralı "Gümüş diamin florür ile modifiye a travmatik restoratif tedavi uygulamasının etkinliğinin invitro koşullarda değerlendirilmesi" başlıklı çalışma, kurulumuzun 11 Temmuz 2024 tarih ve 1 sayılı toplantısında görüşülerek etik yönden uygun bulunmuş olup, tutanaklar ekte sunulmuştur.

Bilgilerinize sunarım.

Prof. Dr. Mustafa Aydın BARIAS
Sağlık Bilimleri Bilimsel Araştırma
Etik Kurul Başkanı
E-imzadır

Eki: Altınbaş Üniversitesi Sağlık Bilimleri Bilimsel Araştırma Etik Kurulu Karar Formu

Bu belge, 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununa göre Güvenli Elektronik İmza ile imzalanmıştır.
Evrak sorgulaması: <https://www.turkiye.gov.tr/altinbas-universitesi-ebys?eD=BSR3M3MHKZ&eS=71736> adresinden yapılır.

A.2 GÖNÜLLÜ ONAM FORMU



ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ
AĞIZ VE DİŞ SAĞLIĞI
ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ
GENEL BİLGİLENDİRME VE ONAM FORMU
Değerli Hastamız,

Hastanın	
Adı Soyadı:	Hasta No:
T.C. Kimlik No:	Cinsiyeti: Kadın Erkek
Doğum Tarihi / Yaşı:	Tarih Saat:

Hasta Hakları Yönetmeliği gereği ilk başvurduğunuzda uygulanacak muayene, tedavi planlama vb. gibi işlemler için yazılı onam alınmaktadır.

Altınbaş Üniversitesi Diş Hastanesi Başhekimliği

Hastanın veya yerine onam verecek kişinin **okuma, anlama, konuşma, dil sorunu** mevcut mu?

Evet ☐ Hayır ☐ Cevabınız evet ise Hasta Hakları Sorumlusu ile iletişim kurunuz.

Tercüman gerektiyse;

Tercümanın Adı Soyadı: İmza : Tarihi:.....

Tercüman Tel No : Tel No :

TEDAVİ SÜRESİ ve RANDEVULAR

Kliniklerin düzeninin ve tedavi programının aksamaması için randevularınıza sadık olmaya ve zamanında gelmeye özen gösteriniz. **Gelmeniz mümkün olmadığında, randevunuzu 24 saat öncesinden iptal ettiriniz.**

GENEL BİLGİLENDİRME

- Tedavi hizmetlerinden yararlanmak isteyen hastalarımızın önce fakültemizin giriş katındaki hasta kabul bölümüne başvurmaları gerekmektedir.
- İlk hasta muayenemiz Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Ana Bilim Dalı Klinikleri'nde, çocuk hastaların muayenesi ise Çocuk Diş Hekimliği Kliniği'nde yapılmaktadır. Bu bölümlerde sağlıklı bir tanı için sizden ya da çocuk hastalarınızdan diş röntgen filmi çekilebilir. **(Hamile iseniz mutlaka çalışanlarınıza bilgi veriniz.)** Ön tanı sonucuna göre tedavilerinizin yapılacağı kliniklere sevk edilirsiniz. Size bir dosya veya bilgisayar formuna işlenmiş olarak **ön tanı** ve **ön tedavi** planınız verilir ve yönlendirildiğiniz kliniklerde bu tanı ve tedavi planı kesinleştirilir. Tedavi planınıza uygun ya da tercihinize göre muayene olduğunuz ilk klinikteki hekim, primer hekiminiz (hastadan sorumlu hekim) olur.
- Çocuk hastaların muayenesi ve tüm tedavilerinde anne baba ya da yasal vasileri ile birlikte bulunması esastır.
- Yönlendirdiğiniz bölümlerde tedavilerinize başlamadan önce çocuğunuza/ hastanıza işleme özel bilgilendirme yapıp, onam alınacaktır. Bu bilgilendirme ve onam formlarında çocuğunuza/ hastanıza önerilen tedavi ve müdahaleler, tedaviden beklenen faydalar, sakıncalar, alternatif yöntemler, tedavinin uygulanmaması durumunda karşılaşılabilecek sonuçlar ve iyileşme sürecinde karşılaşılabilecek problemler hakkında size bilgi verilip onamınız istenecektir.

GENEL ONAM

- Aşağıda imzası olan **ben/hastanın vasili/hastanın velisi**, diş hekimî tarafından hastanın teşhisi, tedavi planı ve alternatif tedaviler, oluşabilecek yan etkiler ve olası riskler hakkında ayrıntılı olarak bilgilendirildim. Bana önerilen tedavileri onayladım ve kabul ettim.
- Yapılacak tedavilerin başarısının bana da bağlı olduğu, evde üzerime düşen ağız temizliği ve diyet önerilerine uymam gerektiği anlaşıldı. **Benim/hastanın** vazgeçmemiz gereken zararlı alışkanlıkları ilgili

önerileri yerine getirmem ve **bana/hastama** yazılacak reçetelerdeki ilaçları tarife uygun doz ve sürelerde kullanmam gerektiğini biliyorum ve kabul ediyorum.

- **Bana/hastama** önerilen tedavilerin, eğitimi gereği öğrenciler tarafından yapılabileceği, tedavim ile ilgili olmayan hekim ve öğrencilerin tıbbi müdahale sırasında bulunabilecekleri bana anlatıldı, bunu biliyor ve kabul ediyorum.
- Tedavi planlamasının **benim/hastamın** randevularımıza gelmemiz nedeni ile değişebileceğini, mevcut hastalığımda ilerleme gözlenebileceğini, bu durumda yeniden randevu almam gerektiğini, musyene ve röntgenlerimi yenilemem (6 ay ve sonrası) ve kişisel /sağlık bilgilerimi güncellemem gerektiğini biliyor ve kabul ediyorum.
- Tedavi işleminden önce ve sonra dikkat edilmesi gereken konular **bana/hastama** anlatıldı ve kabul ettim.
- **Benden/hastamdan** inceleme amacı ile kullanılan dış, doku (kan dahil) vb. doku ve ürünlerinin alınmasına, örneklerimin gerekli tetkiklerim çalışıldıktan sonra kalanlarından (Genetik çalışmalar hariç olmak üzere) kimlik bilgilerim kullanılmadan eğitim, deney/araştırma örneği olarak kullanılabilmesine ve saklama süresi sonunda incelemeleri tamamlanmış örneklerin imha edilmesine izin veriyorum.
- Tedaviyi kabul ettikten sonra **bana/hastama** ait bilgi, radyografi, fotoğraf, video ve diğer dokümanların eğitim ve/veya bilimsel amaçlı çalışmalarda kimlik bilgilerimin gizli tutularak kullanılmasını kabul edip izin veriyorum.
- **Bana/hastama** uygulanacak tedavilerin uzun süreli garanti edilemeyeceği anlatıldı, anladım ve kabul ettim.
- Tesis içinde bulunuşum sırasında personele teslim ettiğim kişisel eşyalarım dışında, kayıp veya zarar görmüş kişisel eşyadan İstanbul Altınbaş Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi ve Dış Hastanesi'ni sorumlu tutmayacağımı anlıyor ve kabul ediyorum.
- Hastalığım nedeni ile hastanede uygulanacak tüm tanı ve tedavi yöntemlerinin olası maliyeti konusunda gerekli bilgiler **bana/hastama** anlatıldı.
- Hasta haklarıyla ilgili olarak bilgilendirildim.
- Bu form üzerindeki tüm bilgileri " okudum veya okuttum , anladım ve kabul ediyorum " yazarak imzalayınız.

Hasta/Yasal Temsilcisi Adı/Soyadı : Dr. Adı – Soyadı :

Tarih /Saat : İmza :.....Tarih /Saat : Kaşe/ İmza :.....

* Yasal Temsilci: Vesayet altındakiler için vasi, reşit olmayanlar için anne- baba, bunların bulunmadığı durumlarda 1. derece kanuni mirasçılardır.(Hasta yakınının isminin yanında yakınlık derecesini belirtiniz.

Genel onam hasta dışındaki yasal temsilcisi veya velisi (vasi) tarafından verildi ise lütfen yakınlık derecesini ve hastanın kendisinin imzalamama gerekçesini belirtiniz

.....
.....
.....



ALTINBAŞ BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR UNİVERSİTESİ FORMU

Değerli Hastamız,

Çalışmaya gösterdiğiniz ilgi için teşekkür ederiz. Bu çalışma, Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı'nda görevli Dt. Merve Mandal tarafından gerçekleştirilecektir.

BİLGİLENDİRME:

Bu çalışma, bilimsel bir araştırma olup, adı "Gümüş Diamin Florür ile Modifiye Atravmatik Restoratif Tedavi Uygulamasının Etkinliğinin In Vitro Koşullarda Değerlendirilmesi"dır. Çalışmamızda mobil, gömülü kalmış, ortodontik nedenlerle çekimi gereken 3. büyük azı dişlerini kullanarak kavite açacağız ve ardından çeşitli restoratif materyaller uygulayıp materyallerin mekanik ve fiziksel özelliklerini inceleyeceğiz. Araştırmanın sonuçları bilimsel amaçla kullanılacaktır. Size ait tüm tıbbi ve kimlik bilgileriniz gizli tutulacaktır.

ONAM

Sayın Dt.Merve Mandal tarafından Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı'nda tıbbi bir çalışma yapacağımı belirterek yukarıdaki bilgiler bana aktarıldı. Bu bilgilerden sonra böyle bir çalışmaya "katılımcı" olarak davet edildim. Eğer bu çalışmaya katılırsam hekim ile aramda kalması gereken bana ait bilgilerin gizliliğine bu araştırma sırasında da büyük özen ve saygı ile yaklaşacağına inanıyorum. Araştırma sonuçlarının eğitim ve bilimsel amaçlarla kullanımı sırasında kişisel bilgilerimin ihtimamla korunacağı konusunda bana yeterli güven verildi.

Araştırma için yapılacak harcamalarla ilgili herhangi bir parasal sorumluluk altına girmiyorum. Bana da bir ödeme yapılmayacaktır.

Yukarıda gönüllüye araştırmadan önce verilmesi gereken bilgileri gösteren metni okudum. Bunlar hakkında bana yazılı ve sözlü açıklamalar yapıldı. Bu koşullarda söz konusu olan klinik araştırmaya kendi rızamla hiçbir baskı olmaksızın katılmayı kabul ediyorum.

(LÜTFEN AŞAĞIDAKİ BOŞLUĞA 'Bu Onam Formunu, Okudum, Anladım ve Kabul Ediyorum' YAZARAK İMZALAYINIZ)

.....
.....
.....

Hasta/Hasta Yakını Adı Soyadı:

Tarih/Saat:

İmza:

Dr. Adı Soyadı:

Tarih/Saat:

Kaşe/İmza

*Yasal Temsilci: Vesayet altındakiler için vasi, reşit olmayanlar için anne-baba, bunların bulunmadığı durumlarda 1.deer e kanuni mirasçılardır (Hasta yakınının isminin yanında yakınlık derecesini belirtiniz).