

BUŞRA PARLAK

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ SAĞ. BİL. ENST.

DOKTORA TEZİ

İSTANBUL-2022

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

(DOKTORA TEZİ)

**DEMİNERALİZE MİNEYE UYGULANMIŞ
MİKROKAPSÜL İÇEREN FİSSÜR ÖRTÜCÜNÜN
MİKROSIZINTI VE REMİNERALİZASYON ÜZERİNE
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

BUŞRA PARLAK

**DANIŞMAN
PROF.DR. ARZU PINAR ERDEM**

**PEDODONTİ
DOKTORA**

İSTANBUL-2022

İTHAF

Aileme ithaf ediyorum.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca beni her zaman destekleyen, bilgi ve tecrübelerini her daim içtenlikle aktaran, çalışmamın her aşamasında anlayış ve özveriyle bana yol gösteren, çok değerli danışman hocam **Sayın Prof. Dr.Arzu PINAR ERDEM'e;**

Doktora eğitimim boyunca tavsiyelerinden yararlandığım, bilgi ve deneyimlerini hiçbir zaman esirgemeyen, sevgisini ve desteğini hissettiğim kıymetli hocam Sayın **Prof. Dr. Elif SEPET'e;**

Doktora eğitimim boyunca kendilerinden çok şey öğrendiğim, İstanbul Üniversitesi Pedodonti Anabilim Dalı'ndaki değerli hocalarım **Prof. Dr. Oya Aktören, Prof. Dr. Tevfik Akıncı, Prof. Dr. Zeynep Aytepe, Prof. Dr. Gamze Aren, Prof. Dr. Koray Gençay, Prof. Dr. Figen Seymen, Prof. Dr. Elif Bahar Tuna İnce, Doç. Dr. Yeliz Güven, Doç. Dr. Mine Koruyucu, Doç. Dr. Yelda Kasımoğlu'na;**

Tezimin laboratuvar aşamalarının gerçekleşmesi için gerekli olanakların ve ortamın sağlanmasına katkıda bulunan İstanbul Üniversitesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı öğretim üyeleri **Prof. Dr. Hande Şar Sancaklı ve Doç. Dr. Safa Tuncer'e,**

Doktora eğitimim boyunca desteklerini esirgemeyen, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'nın hemşireleri **Necla Keskin, Yeliz Karataş Özer'e ve tüm çalışanlarına;**

Lisans ve doktora eğitimim süresince desteklerini benden esirgemeyen, yorucu ve sıkıntılı geçen zamanlarımda yüzümü güldüren, her zaman yanımda olmalarını dilediğim çok sevgili arkadaşlarım **M.Kemal Nalbantoğlu, Merve Çayırıcı, İlker Eski, İnci Yüksel, Orkun Akcan, Dilara Yürekten, Görkem Göksoy** ve fakültede geçirdiğim yıllar boyunca birlikte çalıştığımız İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'ndaki **sevgili asistan arkadaşlarıma;**

Doktora eğitimim boyunca her anımı birlikte paylaştığım çok sevgili arkadaşım **Simin Kocaaydın'a;**

Doktora eğitimim süresince her koşulda yanımda olan, desteklerini benden esirgemeyen, benimle birlikte yorulup benimle birlikte gülen çok sevgili arkadaşlarım **Barış Kolik ve Deniz Beşer'e;**

Lisans ve doktora eğitim hayatımın her anında yanımda olan sevgili dostum **Rüya Uluöz'e;**

Hayatıma girdiği ilk andan itibaren bana sevgisi ile güç veren, zor günlerimde beni umutlandırıp yüzümü güldüren; anlayışı, sabrı ve özverisiyle bana destek olan, her koşulda elimi tutan, hayatı birlikte paylaşacağım **Ömer İnel'e;**

Üzerimde büyük emekleri olan, her koşulda bana inanan ve beni destekleyen; sevgilerini her zaman kalbimde ve varlıklarını her zaman yanımda hissettiğim canım annem **Kadriye Çakır**, babam **Tufan Parlak**, dayım **Ahmet Çakır**, yengem **Sema Çakır**, kuzenim **Gürkan Çakır** ve canım anneannem **Hüsniye Çakır'a;**

tüm kalbimle sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Buşra Parlak

İstanbul, 2022

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: 37143

İÇİNDEKİLER

İTHAF.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ	xv
ÖZET	xix
ABSTRACT.....	xx
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Mine Dokusu.....	3
2.1.1. Minenin Fiziksel Özellikleri	3
2.1.2. Minenin Kimyasal Özellikleri.....	4
2.2. Diş Çürüğü	5
2.2.1. Demineralizasyon.....	6
2.2.2. Remineralizasyon.....	7
2.3. Başlangıç Çürük Lezyonları	10
2.3.1. Başlangıç Çürük Lezyonlarının Teşhisi	11
2.3.2. Çürük Risk Değerlendirilmesi	13
2.3.3. Başlangıç Çürük Lezyonlarının Tedavisi.....	16
2.4. Remineralizasyon Ajanları.....	19
2.4.1. Florür İçerikli Remineralizasyon Ajanları	19
2.4.2. Şeker Alkolleri	20
2.4.3. Bitkisel Kaynaklı Remineralizasyon Ajanları.....	21
2.4.4. Biyoaktif Materyaller ve Nanoteknolojik Ajanlar	22
Kazein Fosfopeptit-Amorf Kalsiyum Fosfat (CPP-ACP).....	22
2.4.5. Kalsiyum ve Fosfat Kaynaklı Diğer Remineralizasyon Ajanları.....	25
2.5. Demineralizasyon ve Remineralizasyon Çalışmalarında Kullanılan Yöntemler...26	
2.5.1. Yapay Çürük Modelleri	26

2.5.2. Demineralizasyon ve Remineralizasyonun Değerlendirilmesinde Kullanılan in Vitro Yöntemler	29
2.6. Pit ve Fissür Örtücüler	31
2.6.1. Pit ve Fissür Örtücülerin Tarihçesi	31
2.6.2. Pit ve Fissür Örtücülerin Sınıflandırılması	32
2.6.3. Pit ve Fissür Örtücü Uygulamaları.....	39
2.6.4. Pit ve Fissür Örtücülerin Klinik Başarısını Etkileyen Faktörler	41
2.6.5. Pit ve Fissür Örtücülerin Dental Adezivlerle Birlikte Kullanımı	41
2.7. Dental Adezivler	42
2.7.1. Dental Adezivlerin Gelişimi ve Adezyon Kavramı	42
2.7.2. Dental Adezivlerin Jenerasyonlarına Göre Sınıflandırılması	44
2.7.3. Dental Adezivlerin Klinik Uygulama Yöntemlerine Göre Sınıflandırılması ...	47
2.8. Mikrosızıntı.....	50
2.8.1. Mikrosızıntının Değerlendirilmesinde Kullanılan Yöntemler	50
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	54
3.1. Çalışma İçin Gerekli Olan Dişlerin Elde Edilmesi	55
3.2. Mikrosızıntı Deneyleri	56
3.2.1. Dişlerin Demineralize Edilmesi	56
3.2.2. Çalışma Gruplarının Oluşturulması	58
3.2.2.1. B1 Grubuna Mikrokapsül İçerikli Biyoaktif Fissür Örtücünün (BioCoat) Uygulanması	58
3.2.2.2. B2 Grubuna Adeziv ve Mikrokapsül İçerikli Biyoaktif Fissür Örtücünün (BioCoat) Uygulanması	60
3.2.2.3. C1 Grubuna Geleneksel Rezin İçerikli Fissür Örtücünün (Clinpro) Uygulanması	60
3.2.2.4. C2 Grubuna Adeziv ve Geleneksel Rezin İçerikli Fissür Örtücünün (Clinpro) Uygulanması.....	61
3.2.3. Çalışma Gruplarına Termal Siklus Uygulanması	62
3.2.4. Boya Penetrasyon Testi.....	62
3.2.5. Mikrosızıntı Deneylerinin Skorlanması	63
3.3. Remineralizasyon Deneyleri	64
3.3.1. Dişlerin Hazırlanması	64
3.3.2. Dişlerin Demineralize Edilmesi	66

3.3.3. Çalışma Gruplarının Oluşturulması	66
3.3.3.1. B Grubu	66
3.3.3.2. C Grubu	67
3.3.4. Dinamik pH Siklusu	67
3.3.5. SEM/EDX Analizleri	68
4. BULGULAR	70
4.1. Mikrosızıntı Deneylerinin Bulguları	70
4.2. Remineralizasyon Deneyinin Bulguları	73
4.2.1. B (BioCoat) Grubunun SEM/EDX Elemental Analiz Değerlendirmeleri	73
4.2.2. C Grubunun SEM/EDX Elemental Analiz Değerlendirmeleri	89
4.2.3. B ve C Gruplarının Elemental Analiz Yönünden Karşılaştırılması	104
4.2.3.1. SEM/EDX Elemental Analiz Bulgularında B2-B3 Gruplarının Element Ağırlık Değişimi ile C2-C3 Element Ağırlık Değişim Oranlarının Tüm Mesafelerde Karşılaştırılması (%wt)	104
4.2.3.2. SEM/EDX Elemental Analiz Bulgularında B2-B4 Gruplarının Element Ağırlık Değişimi ile C2-C4 Element Ağırlık Değişim Oranlarının Tüm Mesafelerde Karşılaştırılması (%wt)	106
4.2.3.3. SEM/EDX Elemental Analiz Bulgularında B1-B3 Gruplarının Element Ağırlık Değişimi ile C1-C3 Element Ağırlık Değişim Oranlarının Tüm Mesafelerde Karşılaştırılması (%wt)	108
4.2.3.4. SEM/EDX Elemental Analiz Bulgularında B1-B4 Gruplarının Element Ağırlık Değişimi ile C1-C4 Element Ağırlık Değişim Oranlarının Tüm Mesafelerde Karşılaştırılması (%wt)	110
4.2.4. Remineralizasyon Deneylerinin SEM Görüntüleri	112
4.2.4.1. B Grubunun SEM Görüntüleri	112
4.2.4.2. C Grubunun SEM Görüntüleri	114
5. TARTIŞMA	116
5.1. Deneylere Hazırlık Aşamalarının Tartışılması	117
5.2. Mikrosızıntı Deneyinin Tartışılması	122
5.2.1. Mikrosızıntı Deneyinin Yönteminin Tartışılması	122
5.2.2. Mikrosızıntı Deneyinin Bulgularının Tartışılması	126
5.3. Remineralizasyon Deneyinin Tartışılması	133
5.3.1. Remineralizasyon Deneyinin Yönteminin Tartışılması	133
5.3.2. Remineralizasyon Deneyinin Bulgularının Tartışılması	138

KAYNAKLAR	151
HAM VERİLER	182
FORMLAR	184
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI.....	187



TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2-1: ICDAS II koronal primer çürük kodlaması.....	11
Tablo 2-2: 0-5 yaş arası çocuklar için çürük risk değerlendirme formu (AAPD)	15
Tablo 2-3: 6 yaşından büyük çocuklar için çürük risk değerlendirme formu (AAPD) ..	15
Tablo 2-4: 0-5 yaş arası çocuklar için çürük risk gruplarına göre tedavi stratejileri (AAPD).....	16
Tablo 2-5: 6 yaşından büyük çocuklar için çürük risk gruplarına göre tedavi stratejileri (AAPD).....	17
Tablo 3-1: Williams ve Winter Skorlaması (327)	64
Tablo 4-1: Mikrosızıntı skorlarının ortalama değerleri ve istatistiksel analizi	70
Tablo 4-2: Mikrosızıntı skorlarının yüzdeleri ve istatistiksel analizi	70
Tablo 4-3: B Grubunun (BioCoat) materyalle temasta olan (0 µm) mine yüzeyinde Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt).....	73
Tablo 4-4: B Grubunun (BioCoat) materyale 5 µm mesafede Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt)	75
Tablo 4-5: B Grubunun (BioCoat) materyale 10 µm mesafede Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt)	77
Tablo 4-6: B Grubunun (BioCoat) materyale 15 µm mesafede Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının elementlerinin alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt).....	79
Tablo 4-7: B Grubunun (BioCoat) materyale 20 µm mesafede Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt)	81
Tablo 4-8: B Grubu (BioCoat) Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının 0-20 µm derinlikte kesitsel taramayla yapılan elemental analizinin gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt).....	83
Tablo 4-9: B grubunda materyale olan mesafelere göre grup içi Ca, P ve F element ağırlıklarındaki (%wt) ve Ca/P oranındaki değişimler	85

Tablo 4-10: B grubunun (BioCoat) alt gruplarındaki element ağırlıklarının (%wt) materyale olan mesafe ile korelasyonları.....	87
Tablo 4-11: B1-B3, B1-B4, B2-B3 ve B2-B4 grupları arası Ca, P ve F elementlerinin ağırlıkça değişim yüzdelerinin derinlikle korelasyonu.....	88
Tablo 4-12: C Grubunun (Clinpro) materyalle temasta olan (0 µm) mine yüzeyinde Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt).....	89
Tablo 4-13: C Grubunun (Clinpro) materyale 5 µm mesafede Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının alt gruplar arası materyale 5 µm mesafede istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt).....	91
Tablo 4-14: C Grubunun (Clinpro) materyale 10 µm mesafede Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt)	93
Tablo 4-15: C Grubunun (Clinpro) materyale 15 µm mesafede Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt)	94
Tablo 4-16: C Grubunun (Clinpro) materyale 20 µm mesafede Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının materyale 20 µm mesafede alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt).....	96
Tablo 4-17: C Grubu (Clinpro) Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının 0-20 µm derinlikte kesitsel taramayla yapılan elemental analizin gruplar arası alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt).....	98
Tablo 4-18: C grubunda materyale olan mesafelere göre grup içi Ca, P ve F element ağırlıkları (%wt) ve Ca/P oranları.....	100
Tablo 4-19: C grubunun (Clinpro) alt gruplarındaki element ağırlıklarının materyale olan mesafe ile korelasyonları	102
Tablo 4-20: C (Clinpro) alt gruplarının birbirleriyle ve Ca, P ve F elementlerinin ağırlıkça değişim yüzdelerinin derinlikle korelasyonu	103
Tablo 4-21: B2-B3 ve C2-C3 gruplarında meydana gelen element ağırlık değişim oranlarının karşılaştırılması (%wt)	104
Tablo 4-22: B2-B4 ve C2-C4 gruplarında meydana gelen element ağırlık değişim oranlarının karşılaştırılması (%wt)	106

Tablo 4-23: B1-B3 ve C1-C3 gruplarında meydana gelen element ağırlık değişim oranlarının karşılaştırılması (%wt)	108
Tablo 4-24: B1-B4 ve C1-C4 gruplarında meydana gelen element ağırlık değişim oranlarının karşılaştırılması (%wt)	110



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3-1: Çalışma için toplanan dişlerin bekletildiği formaldehit ve timol solüsyonları	56
Şekil 3-2: DIAGNOdent cihazı ile dişlerin başlangıç LF değerlerinin belirlenmesi.....	57
Şekil 3-3: Dişlerin demineralizasyon aşamasında bekletildiği inkübatör cihazı	57
Şekil 3-4: Demineralize edilmiş dişlerin LF değerlerinin belirlenmesi.....	58
Şekil 3-5: Asit uygulama aşamasında kullanılan %35'lik fosforik asit (3M Scotchbond Universal Etchant, Almanya).....	59
Şekil 3-6: B1 grubunda kullanılan mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücü (BioCoat, Premier Dental Products, ABD)	59
Şekil 3-7: B2 grubundaki dişlere uygulanan bonding ajanı (3M ESPE Single Bond Universal Adhesive, Almanya).....	60
Şekil 3-8: C1 grubundaki dişlere uygulanan geleneksel rezin içerikli fissür örtücü (Clinpro, 3M ESPE, Almanya)	61
Şekil 3-9: Termal siklus cihazı	62
Şekil 3-10: Deney gruplarındaki dişlerin ayrı ayrı tırnak cılası ile kaplanması	63
Şekil 3-11: Deney gruplarındaki dişlerin bazik fuksin solüsyonunda bekletilmesi.....	63
Şekil 3-12: Dişleri kesmek için kullanılan düşük hızlı elmas testere cihazı (IsoMet 1000, Buehler Inc., UK).....	64
Şekil 3-13: Zımparalama ve parlatma cihazı (Buehler Inc., UK)	65
Şekil 3-14: Dişlerin bukkal ve lingual yüzeylerinde 4'er adet pencere oluşturulması ...	65
Şekil 3-15: SEM/EDX analizleri için dişlerden 1'er mm kalınlığında elde edilen kesitler	68
Şekil 3-16: SEM/EDX cihazı (Quanta FEG 250)	69
Şekil 4-1: B1 (BioCoat) grubunun skorlaması a) Skor: 0 b) Skor: 1 c) Skor: 2 d) Skor: 3	71
Şekil 4-2: B2 (Adeziv+BioCoat) grubunun skorlaması a) Skor: 0 b) Skor: 1 c) Skor: 2 d) Skor: 3	71
Şekil 4-3: C1 (Clinpro) grubunun skorlaması a) Skor: 0 b) Skor: 1 c) Skor: 2 d) Skor: 3	72
Şekil 4-4: C2 (Adeziv+Clinpro) grubunun skorlaması a) Skor: 0 b) Skor: 1 c) Skor: 2 d) Skor: 3	72

Şekil 4-5: Materyalle temasta olan (0 µm) mine yüzeyinde B grubu (BioCoat) Ca, P ve F elementlerinin alt gruplar arası dağılımı (%wt).....	75
Şekil 4-6: Materyale 5 µm mesafede B grubu (BioCoat) Ca, P ve F elementlerinin alt gruplar arası dağılımı (%wt).....	77
Şekil 4-7: Materyale 10 µm mesafede B grubu (BioCoat) Ca, P ve F elementlerinin alt gruplar arası dağılımı (%wt).....	79
Şekil 4-8: Materyale 15 µm mesafede B grubu (BioCoat) Ca, P ve F alt gruplar arası dağılımı (%wt).....	81
Şekil 4-9: Materyale 20 µm mesafede B grubu (BioCoat) Ca, P ve F elementlerinin alt gruplar arası dağılımı (%wt).....	83
Şekil 4-10: B grubu (BioCoat) Ca, P ve F elementlerinin 0-20 µm derinlikte kesitsel taramayla yapılan elemental analiz ortalamaları (%wt)	84
Şekil 4-11: Ca elementinin (%wt) mesafelere göre B grubunun (BioCoat) alt gruplarındaki değerleri.....	86
Şekil 4-12: P elementinin (%wt) mesafelere göre B grubunun (BioCoat) alt gruplarındaki değerleri.....	86
Şekil 4-13: Materyalle temasta olan (0 µm) mine yüzeyinde C grubu (Clinpro) Ca, P ve F elementlerinin alt gruplar arası dağılımı (%wt).....	90
Şekil 4-14: Materyale 5 µm mesafede C grubu (Clinpro) Ca, P ve F elementlerinin alt gruplar arası dağılımı (%wt).....	92
Şekil 4-15: Materyale 10 µm mesafede C grubu (Clinpro) Ca, P ve F elementlerinin alt gruplar arası dağılımı (%wt).....	94
Şekil 4-16: Materyale 15 µm mesafede C grubu (Clinpro) Ca, P ve F elementlerinin alt gruplar arası dağılımı (%wt).....	96
Şekil 4-17: Materyale 20 µm mesafede C grubu (Clinpro) Ca, P ve F elementlerinin alt gruplar arası dağılımı (%wt).....	98
Şekil 4-18: C grubu (Clinpro) Ca, P ve F elementlerinin 0-20 µm derinlikte kesitsel taramayla yapılan elemental analiz ortalamaları (%wt)	99
Şekil 4-19: P elementinin (%wt) mesafelere göre C grubunun (Clinpro) alt gruplarındaki değerleri	101
Şekil 4-20: B1 (pozitif kontrol) grubunun SEM görüntüleri (1000x ve 4000x büyütme)	112

Şekil 4-21: B2 (negatif kontrol) grubunun SEM görüntüleri (1000x ve 4000x büyütme)	112
Şekil 4-22: B3 (BioCoat) grubunun SEM görüntüleri (1000x ve 4000x büyütme)	113
Şekil 4-23: B4 (Adeziv+BioCoat) grubunun SEM görüntüleri (1000x ve 4000x büyütme).....	113
Şekil 4-24: C1 (pozitif kontrol) grubunun SEM görüntüleri (1000x ve 4000x büyütme)	114
Şekil 4-25: C2 (negatif kontrol) grubunun SEM görüntüleri (1000x ve 4000x büyütme)	114
Şekil 4-26: C3 (Clinpro) grubunun SEM görüntüleri (1000x ve 4000x büyütme)	115
Şekil 4-27: C4 (Adeziv+Clinpro) grubunun SEM görüntüleri (1000x ve 4000x büyütme).....	115

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

%	: Yüzde
>	: Büyüktür
<	: Küçüktür
% wt	: Ağırlıkça yüzde (Weight %)
°C	: Santigrat Derece (Celcius Degree)
μCT	: Bilgisayarlı Mikrotomografi
μm	: Mikrometre
AAPD	: Amerikan Pediatrik Diş Hekimliği Akademisi
ACP	: Amorf Kalsiyum Fosfat (Amorphous Calcium Phosphate)
ADA	: Amerikan Diş Hekimliği Birliği (American Dental Association)
AFM	: Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscope)
AmF	: Amin Florür
ANOVA	: Tek Yönlü Varyans Analizi (Analysis of Variance)
APF	: Asitlendirilmiş Fosfat Florür
Bis-GMA	: Bis-fenol A glisidil metakrilat
C	: Karbon
Ca	: Kalsiyum(Calcium)
CaCl ₂	: Kalsiyum Klorür
CaCO ₃	: Kalsiyum Karbonat
CaF ₂	: Kalsiyum Florür (Calcium Fluoride)
CAMBRA	: California diş hekimliği birliği tarafından desteklenen risk değerlendirme ve çürük yönetimi programı (Caries Management by Risk Assessment)
CİS	: Cam İyonomer Siman
CLSM	: Konfokal Lazer Tarayıcı Mikroskobu

CPP : Kazein Fosfopeptit (Casein Phosphopeptide)

CPP-ACP : Kazein Fosfopeptit - Amorf Kalsiyum Fosfat (Casein PhosphoPeptide - Amorf Calcium Phosphate)

dmft/DMFT: Çürük, kayıp ve dolgulu diş sayısını gösteren indeks (Decayed, Missing, Filled Teeth)

EDX : Enerji Dağılımlı X Işını Spektroskopisi (Energy Dispersive X-Ray)

ER : Etch and Rinse adeziv sistemler

F : Flor

FA : Floroapatit

FHA : Florohidroksiapatit

GPa : Elastisite Modülü (Young's Modulus)

H : Hidrojen

H₂PO₄⁻ : Dihidrojen Fosfat

HAP : Hidroksiapatit

HEMA : 2-hidroksietil dimetakrilat

HEPES : 4-(2-hidroksietil)-1 piperasizetansülfonik asit

ICDAS : Uluslararası Çürük Belirleme ve Değerlendirme Sistemi

ICMMS : Uluslararası Çürük Sınıflama ve Yönetim Sistemi

KH₂PO₄ : Potasyum Hidrojen Fosfat

LED : Light Emitting Diode

LF : Lazer Floresans

MDP : Metakriloiloksidetil Dihidrojen Fosfat

Mg : Magnezyum

ml : Mililitre

mmol/L : Milimol/Litre

n	: Örnek sayısı
N	: Newton
Na	: Sodyum
Na₂FPO₃	: Sodyum Monoflorofosfat
NaF	: Sodyum Florür (Sodium Fluoride)
Nano-HAP	: Nano Hidroksiapatit
O	: Oksijen
OCP	: Oktokalsiyum Fosfat
OH	: Hidroksil
Ort	: Ortalama
P	: Fosfor
PO₄	: Fosfat
pH	: Hidrojenin Gücü (Power of Hydrogen)
PMKR	: Poliasit Modifiye Kompozit Resin
PML	: Polarize Işık Mikroskobu
ppm	: Parts Per Million (Milyonda bir parça)
QLF	: Kantitatif Işık Kaynaklı Floresan (Quantitative Light-induced Fluorescence)
RMCİS	: Resin Modifiye Cam İyonomer Siman
SE	: Self Etch adeziv sistemler
SEM	: Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu)
SEM-EDX	: Taramalı Elektron Mikroskobu - Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi
SnF₂	: Kalay Florür
ss	: Standart sapma

S-PRG : Önceden reaksiyona girmiş cam iyonomer (Surface Pre-Reacted Glass Ionomer)

TCP : Trikalsiyum fosfat

TEGDMA : Trietilen Glikol Dimetrikat

TEM : Transmisyon Elektron Mikroskobu

TMP : Sodyum Trimetafosfat

TMR : Transvers Mikroradyografi

UDMA : Üretan Dimetakrilat

W : Watt

ÖZET

Parlak B. Pınar Erdem A. Demineralize Mineye Uygulanmış Mikrokapsül İçeren Fissür Örtücünün Mikrosızıntı ve Remineralizasyon Üzerine Etkisinin İncelenmesi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Pedodonti ABD. Doktora Tezi. İstanbul. 2022.

Minimal invaziv diş hekimliği kapsamında, başlangıç çürük lezyonlarının durdurulması ve remineralizasyonu koruyucu tedaviler ile sağlanabilmektedir. Bu çalışma, demineralize mineye uygulanmış biyoaktif fissür örtücünün mikrosızıntı ve remineralizasyon üzerine etkisini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Mikrosızıntı deneylerinde çekilmiş insan molar dişi (n:40) kullanılmış; demineralize edilen dişler 4 ayrı gruba ayrılmış (n:10); biyoaktif ve geleneksel fissür örtücüler tek başlarına ve adeziv sistemle beraber uygulanmıştır. Dişler, 5000 devirlik termal siklus uygulaması sonrası boya penetrasyon testleri ile skorlanmıştır. Remineralizasyon deneyleri 10 adet çekilmiş insan molar dişinde (n:40) gerçekleştirilmiştir. Diş örnekleri üzerinde oluşturulan 4 pencere; pozitif ve negatif kontrol grupları, fissür örtücülerin tek başlarına ve adezivle birlikte uygulandığı gruplar olacak şekilde oluşturulmuştur. 30 günlük dinamik pH siklusunun ardından her pencereden kesitler elde edilmiş; mine diş yüzeyinden dentin yönüne doğru 0 µm, 5 µm, 10 µm, 15 µm ve 20 µm derinliklerinde SEM/EDX analizleri gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizde, nonparametrik değişkenler iki grup arasında değerlendirilirken Mann Whitney U Testi, ikiden fazla grup arasında değerlendirilirken Kruskal Wallis Testi kullanılmıştır. Gruplar arasında mikrosızıntı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. SEM/EDX analizinde, biyoaktif fissür örtücünün incelenen tüm derinliklerde Ca, P ve F element ağırlıklarını artırarak (0-20µm) istatistiksel olarak anlamlı remineralizasyon sağladığı ($p<0,001$); geleneksel fissür örtücünün remineralizasyon etkinliğinin ise 0 ve 5 µm derinliklerde sınırlı kaldığı tespit edilmiştir ($p<0,05$). Fissür örtücülerle adeziv sistemlerin birlikte kullanımının mikrosızıntı ve remineralizasyon üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturmadığı saptanmıştır. Bu çalışmada, başlangıç çürüğü bulunan dişlerde fissür örtücü uygulamalarının remineralizasyona katkı sağladığı, biyoaktif fissür örtücünün bu alanda öne çıkan etkisi ile daha olumlu sonuçlar verdiği ve çalışma bulgularının klinik çalışmalarla desteklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Fissür örtücü, demineralize mine, remineralizasyon, mikrosızıntı, biyoaktif, dental adeziv, SEM/EDX

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: 37143

ABSTRACT

Parlak B. Pınar Erdem A. Evaluation of Microleakage and Remineralization Potential of a Fissure Sealant Containing Microcapsules on Artificial Enamel Lesions. Istanbul University, Institute of Health Science, Pediatric Dentistry. Doctoral Thesis. Istanbul. 2022.

Within the concept of minimal invasive dentistry, the progression of initial caries lesions can be inhibited with preventive measures. The aim of this study is to evaluate the microleakage and remineralization potential of a bioactive fissure sealant on artificial caries lesions. For microleakage experiments; 40 extracted human molar teeth were collected; demineralized and divided into 4 groups (n:10); fissures were sealed with bioactive and conventional fissure sealants; half of the sealant groups had pretreated with a universal adhesive. All samples were submitted to thermocycling process (5000 cycles) and scored after dye penetration test. For remineralization experiments; 10 extracted human molar teeth were collected (n:40); 4 windows were created on the surfaces of the teeth to be used as; positive and negative control groups; the bioactive and conventional fissure sealant groups; bioactive and conventional fissure sealant groups pretreated with a universal adhesive. After a 30 day dynamic pH cycling process, incisions were made to obtain slices from each window and SEM/EDX analysis was performed at depths of 0 μm , 5 μm , 10 μm , 15 μm ve 20 μm from outer surfaces of enamel towards dentin. For statistical analysis, Mann Whitney U Test was performed to evaluate nonparametric variables between two groups and Kruskal Wallis Test was used for evaluation of more than two groups' variables. Microleakage scoring showed no statistically significant differences between the bioactive and conventional fissure sealant groups. In SEM/EDX analysis, the bioactive fissure sealant group provided statistically significant remineralization at all depths examined (0-20 μm) with increasing Ca, P and F levels ($p<0,001$), while the remineralization efficiency of the conventional fissure sealant group was limited at 0 and 5 μm depths ($p<0,05$). The use of adhesive systems under fissure sealant therapy did not create a statistically significant difference on microleakage and enamel remineralization. In this study, the use of bioactive fissure sealants on initial caries lesions positively affected enamel remineralization and had prominent impacts on enamel remineralization compared to the other sealant. The study findings should be supported with clinical studies.

Key Words: Fissure sealant, demineralized enamel, remineralization, microleakage, bioactive, dental adhesive, SEM/EDX

The present work was supported by the Research Fund of Istanbul University. Project No. 37143

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Diş çürüğünün çocuklarda görülme oranı gelişmiş ülkelerde son 20 yılda önemli derecede azalmış olmasına rağmen; çocuklarda diş çürüğü, günümüzde özellikle gelişmekte olan ülkelerde önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (1,2).

Türkiye’de, çocuklarda ağız sağlığını epidemiyolojik olarak inceleyen çok az sayıda araştırma bulunmaktadır (2). 1988 ve 2004 yıllarında, Dünya Sağlık Örgütü’nün çürük teşhis kriterleri doğrultusunda, çocuklardaki ağız sağlığı durumunu ortaya koyan iki ulusal araştırma gerçekleştirilmiştir (3,4). 1988 yılında yapılan araştırmada 6 yaş çocuklarında çürük prevalansı %84, çürük deneyimi (dmf(t) değeri) 4.4 olarak kaydedilirken; 2004 yılında yapılan araştırmada 5 yaşındaki çocuklarda aynı değerler sırasıyla %70 ve 3.7 olarak tespit edilmiştir. Her iki araştırmanın 12 yaş çocuklarındaki çürük prevalansı ve DMF(T) değerleri sırasıyla, 1988 yılı için %84 ve 2.7; 2004 yılı için %61 ve 1.9 olarak belirlenmiştir. Her iki çalışma da 5-6 yaş ve 12 yaş grubundaki çocuklarda çürük prevalansının ve çürük deneyimlerinin yüksek olduğunu ortaya koymaktadır (3–5).

Çocuklardaki çürük prevalansının ve çürük deneyimlerinin azaltılabilmesi açısından, çürük lezyonlarının erken teşhis edilebilmesi gerekmektedir. Başlangıç çürük lezyonlarının erken teşhisi mümkün olduğunda, çürüğün ilerlemesi koruyucu tedaviler ile durdurulabilmektedir. Günümüz diş hekimliğinde kabul edilen, diş dokularının korunmasını hedefleyen ‘minimal invaziv tedavi’ yaklaşımı çerçevesinde, bireylerin çürük risk grubu belirlenerek, tespit edilen başlangıç çürük lezyonları, kişiye özel koruyucu yaklaşımlar ile tedavi edilebilmektedir. Bu tedaviler arasında, oral hijyenin ve karyojenik diyetin düzenlenmesi, antibakteriyel ajanların kullanımı, lazer ve ozon uygulamaları, rezin infiltrasyon uygulamaları, florür, kalsiyum veya fosfat içerikli remineralizasyon ajanlarının kullanımı, pit ve fissür örtücü uygulamaları yer almaktadır (6–10).

Pit ve fissürlerde besin ve mikroorganizma birikimini fiziksel bir bariyer oluşturarak engelleyen pit ve fissür örtücüler, çürük oluşumunu önlemek veya çürük ilerlemesini durdurmak için kullanılan materyallerdir (11). Rezin, cam iyonomer, poliasit modifiye cam iyonomer bazlı olabilen bu materyallerin etkinliğini artırmak amacıyla, rezin esaslı fissür örtücülerin yapısına florür, kalsiyum, fosfat gibi iyonlar

veya biyoaktif cam, amorf kalsiyum fosfat, nanohidroksiapatit partikülleri gibi remineralizasyon ajanları eklenmiştir (12) Son yıllarda geliştirilmiş olan akıllı kapsül teknolojisinde, rezin matriks içine iyon salınımı yapabilen yarı geçirgen mikrokapsüller yerleştirilmiştir. Pit ve fissür örtücülerin formülüne eklenen poliüretan kapsüllerin içerdiği biyoaktif bileşiklerin (kalsiyum karbonat, sodyum florür ve potasyum hidrojen fosfat), asit atakları karşısında mine dokusunda gerçekleşen demineralizasyonu önlediği ve yeniden depolanabilme özelliği ile uzun süreli iyon salınımı yapabildiği bildirilmiştir (13,14).

Fissür örtücülerin koruyucu etkisi aynı zamanda, bağlandığı yüzeyin tam temas halinin korunmasıyla, bir diğer tabirle retansiyonu ile mümkün olabilmektedir (15,16). Rezin bazlı fissür örtücülerin yüksek orandaki rezin içeriğinden dolayı polimerizasyon sırasında meydana gelen büzülme, retansiyonlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca derin pit ve fissürlerin varlığında c-faktörün artacağı göz önünde bulundurulduğunda, büzülmeye bağlı olarak gelişen stresin de artacağı sonucuna varılabilmektedir. Bu durumda, fissür örtücülerin altına uygulanan dental adeziv gibi düşük elastisite modülüne sahip bir materyalin stres kırıcı olarak görev alacağı ve materyalin retansiyonunu artıracığı düşünülmektedir. Ayrıca, uygulanan adeziv sistemle beraber materyalin dış yüzeyine bağlanma kuvveti de artacağından, mikrosızıntı görülme olasılığının azalacağı beklenilmektedir (17,18).

Çocuk diş hekimliğinde, pit ve fissür örtücü uygulamaları sırasında izolasyonun sağlanması büyük bir zorluk olarak karşımıza çıkmaktadır. İzolasyonun yeterince sağlanamadığı durumlarda; bakterilerin, oral sıvıların, moleküllerin veya iyonların dış sert dokuları ile fissür örtücü arasına sızması sonucu mikrosızıntı gerçekleşmektedir. Sekonder çürük oluşumu, renkleşme veya restorasyon kaybına sebep olabilen mikrosızıntı, fissür örtücülerin başarısızlığındaki en önemli faktör olarak nitelendirilmektedir (19).

Bu bilgiler ışığında bu çalışmada mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücü ile florür salınımı yapan geleneksel rezin içerikli fissür örtücünün mikrosızıntı ve remineralizasyon üzerine etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Mine Dokusu

2.1.1. Minenin Fiziksel Özellikleri

Diş minesi, mineral (inorganik) ve organik olmak üzere iki fazdan oluşmaktadır. Mine ağırlığının yaklaşık %1'ini protein ve lipidlerden oluşan organik madde, yaklaşık %1'ini sodyum, potasyum, magnezyum, klor, çinko ve flor gibi elementler ve %2-3'ünü ise su oluşturmaktadır. Olgun mine kristalin bir yapıdadır ve ağırlıkça %96 oranında hidroksiapatit içermektedir. Altıgen formdaki hidroksiapatit kristalleri (HAP , $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), esas olarak kalsiyum fosfat tuzlarından oluşmaktadır ancak bunların yanında karbon, sodyum, magnezyum, klor ve flor elementlerini de içermektedir (20–23).

Mine kristallerinin oluşumunun başlaması, büyümesi ve son konumlarını almaları mine formasyonu sürecinde gerçekleşir. Mine oluşumundan sorumlu hücreler olan ameloblastlar, proteinden zengin ekstraselüler matriks salgılayarak dentinden dişin dış yüzeyine doğru göç ederler. Bu doğrultuda çöken kristaller; formasyon sürecinde uzayıp kalınlaşarak büyürler, mineral yoğunluklarını kazanırlar ve demetler halinde organize olarak, 3-6 μm çapındaki mine prizması adı verilen yapıyı oluştururlar (20,21,24,25).

Hidroksiapatit kristalleri, kendi uzun (c-) eksenleri mine prizmalarının uzun eksenlerine paralel olacak şekilde dizilirler ancak prizmaların dış kenarlarında kristallerin doğrultularını değiştirmesi interprizmatik aralık denilen bir alan oluşturur. Mine prizmalarını birbirinden ayıran interprizmatik aralık, organik madde ve sudan zengin içeriğiyle; laktik asit, hidrojen peroksit gibi küçük moleküllerin ve kalsiyum, hidrojen gibi iyonların geçişine izin veren difüzyona elverişli bir alandır (26).

Mine prizmaları, dentin tabakasından dişin dış yüzeyine doğru paketler halinde dik olarak uzanırlar. Prizmalar, minede sonlandıkları bölgelerde mikroskopik olarak görülebilen çöküntü alanları oluştururlar. Bu yapı yaşla birlikte aşınmaya bağlı olarak düzleşebilmektedir. Ancak genç erişkinlerde plak retansiyonuna yol açarak çürük oluşumuna sebebiyet verebilirler (27).

Mine prizmaları baş ve kuyruk bölümlerinden oluşmaktadır. Pit ve fissür örtücü uygulamaları veya kompozit restorasyon uygulamalarında uygulanan asit çözeltileri ile bu bölgelerin çözünmesi hedeflenerek mikroskobik olarak düzensiz ve girintili alanlar oluşturmak amaçlanmaktadır. Asit atakları veya mine pürüzlendirme işlemleri sırasında gerçekleşen çözünme daha çok prizmaların baş kısmında meydana gelmektedir. Kuyruk bölgeleri baş bölgelerine göre aside karşı daha dayanıklı yapıdadırlar (27).

Mine prizmalarının oluşumu tamamlandıktan sonra ameloblastlar prizmaların ucunu örten bir zar salgılayarak görevlerini tamamlarlar. Diş ağız ortamına sürdüğünde, birincil mine kütikülası veya Nasmith zarı olarak adlandırılan bu tabaka ile kaplıdır. Zaman içinde çiğneme ve fırçalama ile diş yüzeyinden uzaklaşan Nasmith zarı, pelikül ile yer değiştirir (27).

Paketler halindeki prizma gruplarının arasında zayıf organik maddeden zengin, dişin dış yüzeyinden mine dentin birleşimine doğru seyreden mine lamelleri bulunmaktadır. Bu bölgeler, diş çürüğüne ve bakteri invazyonuna elverişli bir ortam oluşmasına sebebiyet verebilmektedirler (27).

İnsan vücudundaki en sert doku olan minenin yoğunluğu bölgesel olarak değişken olup, dişin dış yüzeyinden dentin tabakasına doğru azalmaktadır. Kompleks bir yapıya sahip olması, bölgesel olarak mekanik özelliklerinde değişikliklere neden olmaktadır. Oklüzal yüzeylerde minenin elastisite modülü 100 GPa'dan yüksek bir değere sahipken, mine dentin birleşiminde bu değer 60 GPa'dan düşüktür. Aynı şekilde sertlik değeri oklüzal yüzeylerde 5 GPa'dan büyük; mine dentin birleşiminde 3 GPa'dan küçük bir değere sahiptir (20,27). Yaklaşık 700N'a kadar baskı dayanımına sahip olan mine dokusu, abrazyon, atrizyon, asit atakları gibi fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı direnç göstermektedir (21,25,27).

Mine dokusunun özellikleri doğrultusundaki bilgiler, çürüğün erken dönemlerini tespit edebilmek açısından önem taşımaktadır (20).

2.1.2. Minenin Kimyasal Özellikleri

Mine dokusu, bazı iyonların ve moleküllerin geçişine izin veren yarı geçirgen bir yapıya sahiptir. Ca, P, F, Mg, Na gibi yaklaşık 40 element yaşam boyunca mine yapısına katılmaktadır. Ancak bu geçirgenlik mine matriksinin zamanla değişime uğraması nedeniyle yaşla birlikte azalmaktadır (22,27–29).

Minerin mineral içeriği temel olarak $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ formülündeki hidroksiapatittir ve bu temel yapı içerisinde iyon çözünmeleri ve elemental değişimler meydana gelebilmektedir. Örneğin, HAP içeriğindeki kalsiyum; sodyum, magnezyum, çinko gibi elementlerle, fosfat karbonatla ve hidroksil grubu ise florür ile yer değiştirebilmektedir (30–32). Elemental düzeyde gerçekleşen bu değişimler sonucunda HAP’ın asidik ortamlardaki çözünürlüğü etkilenebilmektedir. Özellikle kalsiyumdan fakir karbonattan zengin kristal bölgeleri asit ataklarına duyarlı bölgeler olarak nitelendirilmekteyken bu durumun aksine, hidroksil iyonlarının florür ile yer değiştirmeleri, kristallerin asidik ortamlardaki çözünmeye karşı dirençlerini artırabilmektedir (33).

Yeni sürmüş bir dişin minesi, yüzeyaltı tabakanın 200 mikron derinliklerine kadar iyon geçişine izin verebilmektedir ve mine içeriğindeki HAP kristalleri aside karşı dirençli değildir. Bu durum, yeni sürmüş bir dişi çürüğe duyarlı hale getirmektedir. Minenin temasta olduğu kalsiyum ve fosfattan zengin tükürük ve florür içerikli pelikül vasıtasıyla, aside dirençsiz karbonattan zengin HAP yapısı, yerini aside dirençli HAP ve florohidroksiapatite (FHA) bırakır. Bu durum mine maturasyonu olarak adlandırılmaktadır (22,27–29). Mine maturasyonu ile minenin geçirgenliği ve porozitesinde azalma meydana gelmektedir (23).

2.2. Diş Çürüğü

Diş çürükleri, dental plak, konak ve şekerin sebep olduğu multifaktöriyel bir hastalıktır. Çürük oluşum süreci, plak bakterileri tarafından karbonhidratların metabolize edilmesi sonucu organik asitlerin oluşmasıyla başlamaktadır. Streptococcus mutans (*S. mutans*), ortamda fermente edilebilen şeker varlığında kolaylıkla laktik asit ve ekstraselüler polisakkarit oluşturabilmesi sebebiyle çürük oluşumdan sorumlu en önemli bakteri olarak kabul edilmektedir. Ancak dental plakta yer alan ve asit üreterek ortam pH’ını düşüren tüm oral bakterilerin çürük oluşumuna sebep olabildiği bilinmektedir (34).

Kritik pH değerinin altında diş minesi demineralize olmaya başlamakta ve süreç devam ettikçe yüzeyaltı mineden mineral kaybı meydana gelmektedir. Mineral kaybının devam etmesi durumunda yüzeyaltı mine çökmekte ve mine yüzeyi kırılarak çürük kavitesi oluşumu gözlemlenmektedir (26).

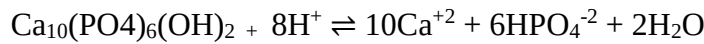
2.2.1. Demineralizasyon

Diş çürüğü oluşumunun ilk basamağı, diş mineralinin çözünmesidir. Dişin en dış tabakası oldan mine dokusu, çözünmeden ilk etkilenen bölge olmaktadır (21,35).

Dişte meydana gelen demineralizasyona, çoğunlukla bakterilerin karbonhidratları fermente etmeleri sonucu oluşan asidik ürünler (laktik,asetik,propiyonik asit vb.) veya asidik gıdaların tüketimi sebep olmaktadır. Diş çürüğü veya dental erozyon gibi oral problemler, dişte meydana gelen demineralizasyonla ilişkilidir (21).

Karbonhidratların fermente edilmesi sonucu gerçekleşen asit atakları sırasında ortam pH'sının düşmesi ve ortamdaki H^+ iyonlarının artması, yüzey ve yüzeyaltı mineye H^+ iyonlarının diffüzyonuna sebebiyet verir. Mine dokusuna nüfuz eden H^+ iyonları, yüzeyaltı tabakadan kalsiyum ve fosfatın biyofilme doğru çıkışına neden olarak demineralizasyon sürecini başlatır. Pelikül ve dental plak içeriğindeki kalsiyum ve fosfat, minenin en dış tabakalarına tekrar çökerek, bu bölgelerin bozulmadan kalmalarını sağlar (23).

Hidroksiapatitin çözünmesi, ortam pH'sının düşmesiyle artmaktadır ve ortamdaki Ca^{+2} , PO_4^{-3} ve OH^- konsantrasyonlarının bir fonksiyonu olan bu süreç, basitleştirilmiş bir denge denklemiyle ifade edilebilmektedir (26).



Ortamın HAP'a doygunluk derecesi (DS_{HA}), HAP'ın iyon aktivite ürününün HAP'ın çözünürlük sabitine (K_{HA}) oranı olarak tanımlanmaktadır.

$$DS_{HA} = [(Ca^{+2})^5(OH^-)(PO_4^{-3})^3 / K_{HA}]^{1/9}$$

Ortamın HAP'a doygunluk derecesi (DS_{HA})'nin 1 değerinden düşük olması; ortamın HAP'a doygunlaşmamış olduğu anlamına gelmektedir. Bu durum, ortamda HAP'ın çözünmesi yönünde bir kuvvet olduğunu ifade etmektedir. DS_{HA} 'nın 1 değerinden büyük olması ise ortamın HAP'a doygun olduğunu; ortamda HAP'ın çökmesi yönünde bir kuvvet olduğunu işaret etmektedir.

Denklemlerde görüldüğü gibi ortam pH'ının düşmesi, OH^- ve PO_4^{-3} konsantrasyonlarının azalmasına, beraberinde de ortamın HAP'a doygunluk derecesinin düşmesine yol açmaktadır (26).

Ortamın belirli bir minerale yeterli doygunlukta olduğu, ortam pH'sının belirli bir mineralin çökmesinin veya çözünmesinin yönünde olmadığı pH değeri 'kritik pH' olarak adlandırılmaktadır. Ortamın minerale doygun halde olduğu, ortam pH'sının kritik pH'nın üzerinde olduğu durumlarda çökme; ortam pH'sının kritik pH'ın altında olduğu durumlarda ise ortam doygunlaşana dek çözünme gerçekleşmektedir (36).

Mine için kritik pH, Ericsson'ın yaptığı çalışmaya göre 5.5 olarak belirtilmiştir ancak bu değeri 4.5 ile 5.5 aralığında kabul eden çalışmalar bulunmaktadır (26,37).

Kritik pH dışında, mine yüzeyi ile temasta bulunan oral sıvıların içerdiği kalsiyum ve fosfat miktarı da doygunluk derecesini değiştirerek minenin çözünürlüğünü etkileyebilmektedir (21,35,38).

2.2.2. Remineralizasyon

Kalsiyum ve fosfat iyonlarından zengin olan tükürük, ağız ortamında asit nötralizasyonu sağlayarak demineralizasyonu sınırlandırmasıyla doğal bir tampon görevi görmektedir. pH'nın 5.5'in üzerinde olduğu ve ortamdaki kalsiyum ve fosfat miktarının yüksek olduğu durumlarda çözünme reaksiyonu tersine çalışabilmekte ve remineralizasyon süreci başlayabilmektedir (21).

Florürün Remineralizasyondaki Rolü

Florür iyonunun mine çözünürlüğünü azaltması ve mine remineralizasyon sürecine katkıda bulunmasından dolayı çürükten korunmada etkili olduğu bilinmektedir. Florür iyonunun HAP ile direkt temasının; fluoroapatit (FA) veya florohidroksiapatit (FHA) oluşumunu indükleyebildiği ve oktokalsiyum fosfat (OCP) ve dikalsiyum fosfat (DCPD) gibi diğer kalsiyum fosfat fazlarının FA veya FHA'ya dönüşmelerini sağlayabildiği bildirilmiştir (39). Mine yüzeyinde oluşumları kolay olan FA ve FHA formları, HAP'ın çözünürlüğünü azaltmaktadırlar (21).

Moreno EC ve ark. (1974); HAP yapısındaki florür iyonunun farklı konsantrasyon seviyelerinin HAP'ın çözünürlüğü üzerine etkisini araştırdıkları in vitro çalışmalarında, hidroksil gruplarının %50'sinin florür iyonu ile yer değiştirmesi sonucu maksimum etkinin elde edildiğini bildirmişlerdir. Bu durumu, iyonların ayrışması için gereken enerji miktarının (kafes enerjisi) yüksek olmasıyla ve oluşan formun yapısına aynı formdaki iyonların girmesi için gereken enerji miktarının düşük olmasıyla açıklamışlardır (40).

Ingram GS ve ark. (1980); ortamda çözünmüş olarak bulunan kalsiyum iyonlarının mine yapısına katılmasında; FHA'nın, HAP'a göre daha elverişli bir form olduğunu vurgulamışlardır (41).

Minedeki florür konsantrasyonlarının, çürükten korunmak için yeterli miktarda olmadığı bildirilmiştir. Florür konsantrasyonu, mine dış yüzeyinden 10-20 mikron derinliğe inildikçe azalmaktadır. En yüksek florür seviyelerinin minenin en dış yüzeyinde olduğu, bu değerin de suların florlanmadığı bölgelerde yaklaşık 2000 ppm, suların florlandığı bölgelerde ise yaklaşık 3000 ppm olduğu gözlenmiştir. Bu miktarlar, HAP içeriğindeki OH⁻ iyonlarıyla yer değiştirmiş F⁻ oranının sırasıyla yaklaşık %6 ve %8 civarlarında olduğunu göstermektedir ve HAP çözünürlüğünde azalmaya katkıda bulunabilecek dozların çok altında olduğu belirtilmiştir (42).

Günlük diş fırçalama eyleminin florür içeren diş macunları kullanılarak yapılması; diş yüzeyinin, tükürüğün, yumuşak dokuların ve fırçalama sonrası kalan plak biyofilminin florür iyonlarıyla etkileşmesini sağlamaktadır (43,44).

Florür iyonu, diş yüzeyinde CaF₂ benzeri bir yapı oluşturarak depolanabilmektedir. Bu depo, olası asit ataklarında mineral yapıyı koruyabilecek bir florür rezervuarı olarak görev almaktadır. Düşük pH seviyelerinde florür, CaF₂ benzeri depodan salınarak demineralizasyonu önleyebilmektedir. Ortamda serbest florür varlığı, ortam pH'ı yükseldiğinde, mineral formasyonunun yeniden oluşumuna katkı sağlayabilmektedir. Buradan yola çıkarak florürün hem demineralizasyonu önlediği hem de remineralizasyona katkıda bulunduğu sonucuna varılabilmektedir (43,44).

Tükürükteki florür seviyesi fırçalama esnasında en yüksek değerine ulaşmaktadır. Fırçalama sonrasında bu değerde hızlı bir düşüş meydana gelmesine rağmen tükürükteki florür seviyesi bir süreliğine belirli bir seviyede kalabilmektedir (45). Florür, bakteriye veya kalsiyum-florür bağlarıyla bakteri fragmanlarına tutunarak fırçalama sonrası diş yüzeyinde kalan plak biyofilminin içinde de varlığını sürdürerek demineralizasyon ve remineralizasyon süreçlerinde görev alabilmektedir. Plak biyofilmindeki florür rezervuarının, çürük önlemedeki en etkili florür deposu olduğu öne sürülmüştür (44,46).

Kalsiyumun Remineralizasyondaki Rolü

Tükürük ve plaktaki kalsiyum ve fosfat miktarının çürük insidansı ile ters orantılı olduğu; tükürük kalsiyum konsantrasyonunun yüksek olmasının çürük oluşumuna karşı çok etkili olduğu bildirilmiştir. Bu bağlantı, yüksek kalsiyum ve fosfat seviyelerinin mine çözünürlüğünü düşürmeleri ve remineralizasyonu artırmalarıyla açıklanmaktadır (21).

Minenin doygunluk derecesi ortamdaki kalsiyum ve fosfat konsantrasyonlarına bağlıdır. Ancak kalsiyumun mine çözünmesini önlemede fosfattan yirmi kat daha etkili olduğu vurgulanmıştır (47–49). Yapılan çalışmalar, eşit doygunluk derecelerinde, optimal mine remineralizasyon hızının kalsiyum/fosfat oranı 1.6 olduğunda gerçekleştiğini bildirmişlerdir (50). Fosfat, plak sıvısında yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır ve Ca/P oranı yaklaşık olarak 0.3'tür (51). Buradan yola çıkılarak kalsiyumun hız kısıtlayan esas mineral içerik olduğu ve mine remineralizasyonu için ortamdaki kalsiyum miktarının artırılmasının gerekliliği vurgulanmıştır (52).

Plak kalsiyum konsantrasyonundaki artışın, mine porozitesinde azalmaya ve asit nedeniyle yumuşamış olan minenin sertliğini kazanmasına katkı sağladığı yapılan bazı in situ çalışmalar ile desteklenmiştir (53,54). Remineralizasyon solüsyonundaki florür konsantrasyonunun sabit tutulup kalsiyum konsantrasyonunun artırılmasıyla, yüzeyaltı mine lezyonlarında daha fazla remineralizasyon görüldüğü bildirilmiştir (55).

Florür ve Kalsiyum Birlikteliğinin Remineralizasyondaki Rolü

Plaktaki kalsiyum ve florür seviyeleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu yönünde bulunan kanıtlar doğrultusunda, florürün plakta bulunma süresinin plak kalsiyum konsantrasyonu tarafından belirlendiği düşünülmektedir (56). Bu duruma bağlı olarak florürün karyostatik etkisini artırmaya yönelik girişimler, dental biyofilmdeki kalsiyum miktarını artırma yöntemlerine odaklanmıştır (21).

Yapılan in vitro çalışmalarda, sodyum florür içerikli gargara kullanımı öncesi kalsiyum laktat içeren gargara kullanımının plaktaki florür konsantrasyonunu artırdığı; sodyum monoflorofosfat içerikli diş macunlarına kalsiyum gliserofosfat eklenmesinin demineralizasyonu önemli derecede azalttığı; HAP içeren silika bazlı florürlü diş macunun diş yüzeyindeki kalsiyum seviyelerini yükselttiği ve trikalsiyum fosfat (TCP)

içerikli florürlü diş macunlarının mine remineralizasyonuna destek olduğu belirtilmiştir (21).

2.3. Başlangıç Çürük Lezyonları

Dental plak bakterileri tarafından oluşturulan organik asitler, minenin mineral matriksinin çözünmesine neden olmaktadır (57). Mine rodlarının yönünü takip ederek ve pit ve fissürler arasında farklı üçgen paternler çizerek gerçekleşen mine demineralizasyonu sonucu, diş yüzeyinde pürüzsüz çürükler oluşmaktadır (58). Çürük oluşumunun erken evrelerinde mine yüzeyinde, gelişimsel hipokalsifikasyon ile karıştırılabilen, tebeşirimsi beyaz noktaların oluşumu gözlenmektedir (57). Bundan dolayı başlangıç çürük lezyonları, ‘beyaz nokta lezyonları’ veya ‘düz yüzey çürükleri’ olarak da adlandırılmaktadırlar (59).

Beyaz nokta lezyonlarında, diş dokusu yapısal bütünlüğünü şeklen korumaktadır. Ayrıca, yüzeyaltı lezyonlarının geri dönüşümlü olduğu bu evredeki çürük lezyonlarının ilerlemesi durdurulabilmektedir (57,59).

Başlangıç çürük lezyonlarında, mine dokusunda histolojik olarak dört farklı çürük tabakası bulunmaktadır ve dışın dış yüzeyinden pulpa dokusuna doğru yüzeyel tabaka, lezyon gövdesi, karanlık tabaka ve saydam tabaka olarak sıralanmaktadırlar (27,58,60).

Yüzeyel Tabaka: Mine çürüğünün en dış ve en sert katmanıdır. Sağlıklı mineden daha poröz olan yapısı, iyon geçişlerine izin vermektedir. Tükürük ile temasta olmasından dolayı hipermineralize bir yapıya sahiptir (27,58).

Lezyon Gövdesi: Porozitesi en fazla olan (%5-25) ve retzius çizgileri yoluyla mine dokusuna çürük penetrasyonunun gerçekleştiği katmandır. Bakteri invazyonuna elverişli poröz yapısından dolayı bu tabakada bakteriler bulunabilmektedir (27).

Karanlık Tabaka: Polarize ışığı geçirmemesinden dolayı karanlık tabaka olarak isimlendirilen bu bölge mikroporlardan zengindir. Mikroporların, geniş poröz yapıların içine iyon deposisyonu (remineralizasyon) sonucu oluştuğu düşünülmektedir. Remineralizasyon miktarı ile karanlık tabaka genişliğinin ilişkili olduğu düşünülmektedir (27).

Saydam Tabaka: Mine çürüğünün en derin tabakası olan saydam tabakanın yapısı sağlıklı mine dokusuna göre 10 kat fazla porözlüdür. Bu bölgede retzius

çizgilerinin tümüyle ortadan kalktığı veya sayıca çok azaldığı görülebilmektedir (27,58).

Başlangıç çürüklerinin erken teşhisi mümkün olduğunda, çürük ilerlemesi koruyucu tedaviler ile durdurulabilmektedir. Günümüz diş hekimliğinde kabul edilen, diş dokularının korunmasını hedefleyen ‘minimal invaziv tedavi’ yaklaşımı çerçevesinde, kavite oluşumu gerçekleşmeden çürüklerin tespit edilmesi önem taşımaktadır (6–8).

Çürük lezyonlarının zamanında tespit edilerek kontrol altına alınabilmesi, diş dokusunun korunması ve yalnızca gerekli durumlarda invaziv tedavi yaklaşımlarının tercih edilmesi amacıyla Uluslararası Çürük Sınıflama ve Yönetim Sistemi (ICMMS) geliştirilmiştir. Bu protokole göre, hastaya yönelik tedavi planının oluşturulmasında izlenmesi gereken üç aşama bulunmaktadır: çürük lezyonlarının teşhisi, hastanın çürük risk grubunun belirlenmesi ve tedavi yaklaşımının kararıdır (9,10).

2.3.1. Başlangıç Çürük Lezyonlarının Teşhisi

Çürük lezyonlarının tespitinin, döner bir fırça ve profilaksi patının yardımıyla, diş yüzeyinden biyofilm uzaklaştırıldıktan sonra yapılması gerekmektedir. Temizleme işlemi sonrası şüpheli alanların kurutularak tek tek incelenmesi, yüzey ve yüzeyaltı bölgelerin demineralizasyon durumunu işaret eden renk ve saydamlıktaki değişikliklerin kaydedilebilmesi açısından önem taşımaktadır (61,62). Bu görsel değişiklikler Uluslararası Çürük Belirleme ve Değerlendirme Sistemi (ICDAS II) ile sınıflandırılmıştır ve 0-6 rakamları arasında kodlanmıştır (Tablo 2-1) (62,63).

Tablo 2-1: ICDAS II koronal primer çürük kodlaması

Kod 0	Sağlam mine dokusu
Kod 1	Minede gözle görülür ilk değişiklik
Kod 2	Minede gözle görülür net değişiklik
Kod 3	Mine dokusunda lokalize yıkım
Kod 4	Dentinden yansıyan karanlık gölge
Kod 5	Dentinin ortaya çıktığı belirgin kavitasyon
Kod 6	Dentinin ortaya çıktığı geniş kavitasyon

Kod 1 çürük lezyonları sadece diş kurutulduğunda gözlenebilmektedir ve histolojik olarak minenin diş yüzeyinde bulunmaktadır. Kod 2 çürük lezyonları ise tüm mine dokusuna yayılmıştır ve kurutma işlemi olmadan da dişteki opasiteler veya renklemeler ayırt edilebilmektedir (64).

Kod 1 ve Kod 2 gruplarına dahil olan başlangıç çürük lezyonlarının tedavisi için remineralizasyon ajanlarının kullanımı veya fissür örtücü uygulamaları gibi koruyucu tedaviler önerilmektedir (65).

Diş Çürüğü Teşhis Yöntemleri

Başlangıç çürük lezyonlarının saptanması için yüksek düzeyde duyarlılığa (çürük varlığını tespit etme yeteneği) ve özgüllüğe (çürük yokluğunu teyit etme yeteneği) sahip ‘altın standart’ olarak kabul edilen bir yöntem henüz belirlenememiştir. Geleneksel olarak erken çürük lezyonlarının tespitinde, görsel ve dokunsal muayene ile radyografiler (bitewing) birlikte kullanılmaktadır (66–68).

Görsel muayene sırasında dental sond kullanımı yıllarca tercih edilmiş bir yöntem olsa da, özellikle pit ve fissür çürüklerinin teşhisinde tanıya bir katkıda bulunmamaktadır. Ayrıca sond ucu ile iatrojenik hasara sebep olunabileceğinden ve remineralize olmuş dokuya zarar verilebileceğinden dolayı güvenilir bir yöntem olarak kabul edilmemektedir (64,69).

Bitewing radyografiler, özellikle proksimal yüzeylerdeki başlangıç çürük lezyonlarının teşhisinde ve tedavi planlaması için bilinmesi gereken lezyon derinliğinin tespitinde kullanılmaktadırlar (64).

Son yıllarda çürük tespitine yardımcı olmaları amacıyla çeşitli araçlar geliştirilmiştir. Bu araçların tek başlarına kullanımı tam olarak güvenilir olmadığından geleneksel yöntemlerle birlikte kullanımları önerilmektedir (70,71).

Halojen/LED aydınlatma sistemine bağlı Galilean büyüteçlerinin (2.5 büyütme) günlük kullanımının uygun olduğu ancak erken dönem çürük lezyonlarının tespiti için yeterli olmadığı belirtilmiştir (64).

Geleneksel ağız içi kameralarının kullanımı, anında görüntü elde edilmesi ve görüntülerin dijital olarak arşivlenmesinin kolay olması açısından tercih edilmektedirler. Ayrıca elde edilen görüntüler, hastanın bilgilendirilmesi ve motivasyonunun sağlanması amacıyla da kullanılabilir (72).

Yüksek enerjili ışığın absorpsiyonu ile materyal içindeki moleküllerin uyarılarak belli dalga boylarında ışımlar yapması esasına dayanan floresans sistemlerin, çürük lezyonlarının teşhisinde kullanımı yaygınlaşmaktadır.

1990'lı yılların sonlarında Hibst ve Paulus tarafından geliştirilen DIAGNOdent ve DIAGNOdent pen, kırmızı ışığın diş dokuları tarafından absorbsiyonu sonucu oluşan dental floresan etkiyi sinyale dönüştürerek, incelenen yüzeyin mineralizasyon derecesini 1 ile 99 arasında bir skalada numaralandırma prensibi ile çalışmaktadır (73–76). Tekrarlanabilirliği tartışmalı olan bu sistemlerin kullanımı öncesinde diş dokusunun temizlenip kurutulması ve ölçüm sırasında cihaz uçlarının yüzey ile temasının doğru ayarlanması gerekmektedir (64).

Kantitatif Işık Floresans (QLF) tekniğinde, mavi/mavi-yeşil dalga boylarında ışık yayan sisteme bağlı bir intraoral kamera kullanılmaktadır. QLF cihazı sağlıklı minede yeşil renk oluştururken, %5'ten fazla demineralize olmuş bölgelerde koyu lekelenmeler oluşturmaktadır. Başlangıç çürük lezyonlarının tespitinde görsel muayene ile birlikte kullanıldığında başarılı sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Görüntülerin alınması için gereken sürenin uzun olması, bu sistemin dezavantajıdır (71,72,77).

Çürük lezyonlarının teşhisi için geliştirilmiş bir diğer sistem, LED teknolojisine sahip ağız içi kameralardır. Bu sistemler diş aydınlatırlar, oluşan dental floresansı kaydederler ve yazılımları ile görüntüyü iyileştirirler. Floresans etki sonucu sağlıklı mine dokusu yeşil renkli, demineralize mine ise mavi renkli görünmektedir (78).

2.3.2. Çürük Risk Değerlendirilmesi

Tıbbi uygulamalarda risk değerlendirme prosedürleri, bir bireyin hastalığa olan duyarlılığını doğru bir şekilde ölçmek ve bireyi hastalıktan koruyucu tedbirlere yönlendirebilmek amacıyla kullanılmaktadırlar. Bununla birlikte diş hekimliğinde hangi çocukların diş çürüğü açısından yüksek risk altında olduğunu belirlemek için yeterince doğrulanmış bir prosedür henüz bulunmamaktadır (79,80).

Çocuklarda çürük risk değerlendirmesinde en sık, Amerikan Pediatrik Diş Hekimliği Akademisi (AAPD) tarafından önerilen Çürük Riski Değerlendirme Aracı, Kaliforniya Diş Hekimleri Birliği tarafından desteklenen Risk Değerlendirmesi (CAMBRA) ile Çürük Yönetimi Programı ve bilgisayarlı bir program olan Karyogram modelleri tercih edilmektedir (81–83). Çürük indikatörleri (minede beyaz nokta ve aproksimal çürük lezyonlarının varlığı, hastanın son 3 yıl içerisinde restorasyon deneyiminin bulunması), risk faktörleri (dişler üzerinde görünür plak varlığı, düşük tükürük akışı, hastanın derin pit ve fissürlere sahip olması, öğünler arası sık atıştırma) ve koruyucu faktörlerin (florürlü diş macunu ve ağız gargaralarının kullanımı)

belirlenerek hastanın çürük risk grubunun oluşturulduğu CAMBRA modeli, Featherstone ve ark. (2021)'in çalışmalarında, 0-6 yaş arası çocuklar ve 6 yaşından büyük genç erişkinlerde etkili bulunmuştur (84). Karyogram'ın etkinliği, İsveçli okul çocuklarında ve yaşlı bireylerde doğrulanmıştır ancak okul öncesi çocuklarda yetersiz olduğu belirtilmiştir (85–87).

Güncel çürük risk değerlendirme modelleri, hastanın diyeti, florür kullanımı, mikroflorası, sosyal ve davranışsal faaliyetleri gibi faktörlerin kombinasyonunu içermektedir. Bu modellerin kullanımındaki amaç; belirli bir zaman periyodunda bireylerin çürük insidansının artış olasılığının veya mevcut çürük lezyonlarının boyutunda ve aktivitesinde değişiklik olma olasılığının belirlenmesidir (88,89).

Çürük risk göstergeleri; hastalığa doğrudan neden olduğu düşünülen (mikroflora gibi), hastalığın oluşmasında etkili olduğu düşünülen (düşük sosyoekonomik düzey gibi) ve hastalıktan koruyucu olduğu düşünülen faktörlerdir. En sık kullanılan çürük risk göstergeleri arasında, çürük lezyonlarının varlığı, düşük tükürük akış hızı, plak varlığı, sık şeker tüketimi, ağız hijiyeni, sağlık sorunları, sosyodemografik faktörler ve karyojenik mikroflora yer almaktadır. Hastaların florürlü diş macunu ile düzenli diş fırçalama alışkanlıkları, düzenli diş hekimi kontrolleri ve hastalara diş hekimi tarafından uygulanan topikal florür uygulamaları ise çürük risk göstergelerindeki koruyucu faktörler arasında bulunmaktadır (Tablo 2-2) (Tablo 2-3) (81,89).

Tablo 2-2: 0-5 yaş arası çocuklar için çürük risk değerlendirme formu (AAPD)

Faktörler	Yüksek Riskli	Orta Riskli	Düşük Riskli
Sosyal ve biyolojik faktörler			
Annede aktif çürük lezyonları varlığı	x		
Öğünler arası veya uyku zamanı şekerli besin tüketimi	x		
Düşük sosyoekonomik seviye	x		
Öğünler arası (Günde 3 kereden fazla) şekerli gıda tüketimi	x		
Yakın zamanda iltica durumu		x	
Özel sağlık bakımı ihtiyacı		x	
Koruyucu faktörler			
Florürlü su tüketimi			x
Florürlü diş macunu ile diş fırçalama			x
Topikal florür uygulamaları			x
Düzenli diş hekimi kontrolü			x
Klinik bulgular			
Mine defekti veya aktif beyaz nokta lezyonlarının varlığı	x		
Çürük kavitesi, restorasyon veya eksik diş varlığı	x		
Dişler üzerinde görünür plak varlığı	x		

Tablo 2-3: 6 yaşından büyük çocuklar için çürük risk değerlendirme formu (AAPD)

Faktörler	Yüksek Riskli	Orta Riskli	Düşük Riskli
Sosyal ve biyolojik faktörler			
Düşük sosyoekonomik seviye	x		
Öğünler arası (günde 3 kereden fazla) şekerli gıda tüketimi	x		
Yakın zamanda iltica durumu		x	
Özel sağlık bakımı ihtiyacı		x	
Koruyucu faktörler			
Florürlü su tüketimi			x
Florürlü diş macunu ile diş fırçalama			x
Topikal florür uygulamaları			x
Düzenli diş hekimi kontrolü			x
Klinik bulgular			
Sayıcı 1'den fazla arayüz çürüğünün varlığı	x		
Mine defekti veya aktif beyaz nokta lezyonlarının varlığı	x		
Düşük tükürük akışı	x		
Ağızda defektli restorasyon varlığı		x	
İntraoral aparey kullanımı		x	

2.3.3. Başlangıç Çürük Lezyonlarının Tedavisi

Minimal invaziv tedavi yaklaşımı ile henüz kaviteasyon oluşmamış başlangıç çürük lezyonlarının durdurulması ve remineralizasyonu hedeflenmektedir. Bu yaklaşım doğrultusundaki tedavi uygulamalarının kısa süreli, ekonomik ve kolay uygulanabilir olmaları, hasta tarafından kolay tolere edilebilmelerine olanak sağlamaktadır (60).

Başlangıç çürük lezyonlarının tedavisinde, hastanın oral hijyeninin ve diyetinin düzenlenmesi, antimikrobiyal ajanların kullanımı, florür veya kalsiyum içerikli remineralizasyon ajanlarının kullanımı, lazer, ozon ve rezin infiltrasyon uygulamaları, fissür örtücü tedavileri gibi çeşitli yöntemlerden yararlanılmaktadır (60).

Çürük oluşumunun önlenmesi ve yönetilebilmesi amacıyla, lezyonların teşhisi ve bireyin çürük riskinin belirlenmesinin ardından hastanın yaşı gözetilerek, koruyucu uygulamalar ve aktif gözetimi içeren bireyselleştirilmiş tedavi stratejileri geliştirilmiştir (Tablo 2-3) (81,90).

Tablo 2-4: 0-5 yaş arası çocuklar için çürük risk gruplarına göre tedavi stratejileri (AAPD)

Risk Grubu	Klinik Kontrol	Klinik Uygulamalar			Restorasyon
		Florür	Diyetin Düzenlenmesi	Fissür Örtücü	
Düşük Risk	6-12 ayda bir klinik kontrol 6-12 ayda bir radyografik muayene	Florürlü su tüketimi Günde 2 kere florürlü diş macunu kullanımı	Evet	Evet	Periyodik kontrol
Orta Risk	6 ayda bir klinik kontrol	Florürlü su tüketimi Günde 2 kere florürlü diş macunu kullanımı	Evet	Evet	Beyaz nokta lezyonlarının gözlemlenmesi
	6-12 ayda bir radyografik muayene	Florür içeren ürünlerin kullanımı 6 ayda bir profesyonel topikal uygulamalar			Kaviteli çürüklerin restorasyonu
Yüksek Risk	3 ayda bir klinik kontrol	Florürlü su tüketimi Günde 2 kere florürlü diş macunu kullanımı 3 ayda bir profesyonel topikal uygulamalar	Evet	Evet	Beyaz nokta lezyonlarının gözlemlenmesi
	6 ayda bir radyografik muayene	Kaviteli çürüklere gümüş diamin florür uygulaması			Kaviteli çürüklerin restorasyonu

Tablo 2-5: 6 yaşından büyük çocuklar için çürük risk gruplarına göre tedavi stratejileri (AAPD)

Risk Grubu	Klinik Kontrol	Klinik Uygulamalar			Restorasyon
		Florür	Diyetin Düzenlenmesi	Fissür Örtücü	
Düşük Risk	6-12 ayda bir klinik kontrol 6-12 ayda bir radyografik muayene	Florürlü su tüketimi Günde 2 kere florürlü diş macunu kullanımı	Evet	Evet	Periyodik kontrol
Orta Risk	6 ayda bir klinik kontrol	Florürlü su tüketimi Günde 2 kere florürlü diş macunu kullanımı	Evet	Evet	Beyaz nokta lezyonlarının gözlemlenmesi
	6-12 ayda bir radyografik muayene	Florür içeren ürünlerin kullanımı 6 ayda bir profesyonel topikal uygulamalar			Kaviteli çürüklerin restorasyonu
Yüksek Risk	3 ayda bir klinik kontrol	Florürlü su tüketimi %0.5 florürlü diş macunu kullanımı	Evet	Evet	Beyaz nokta lezyonlarının gözlemlenmesi
	6 ayda bir radyografik muayene	3 ayda bir profesyonel topikal uygulamalar Kaviteli çürüklere gümüş diamin florür uygulaması			Kaviteli çürüklerin restorasyonu

Oral Hijyenin Ve Diyetin Düzenlenmesi

Diş yüzeyinde oluşan biyofilm tabakasının düzenli olarak kaldırılmaması sonucu, oral kavitedeki demineralizasyon-remineralizasyon dengesi demineralizasyon yönünde bozulmakta ve diş sert dokularında çürük oluşum süreci başlamaktadır. Diş plağının mekanik olarak diş yüzeyinden uzaklaştırılması diş fırçası ve diş ipi kullanımıyla mümkün olmaktadır. Hastaya verilen ağız hijyeni eğitimiyle, florür içerikli diş macunu ile günlük diş fırçalama alışkanlığı kazandırmak hedeflenmektedir (91,92).

Karyojenik bakteriler tarafından fermente edilebilen karbonhidratların sık tüketimi çürük oluşumu için risk faktörü olduğundan, hastalara bu gıdaların tüketiminin azaltılması önerilmelidir. Sert yapılarıyla mekanik temizliğe yardımcı olan, tat ve kokuları ile tükürük akışını uyaran gıdaların; ayrıca bakteriyostatik özellikleri olan peynir, süt, rafine edilmemiş tahıl veya kakao gibi besinlerin tüketiminin çürük oluşumunu önleyecekleri konusunda hastalara bilgi verilmelidir (93).

Antimikrobiyal Ajanların Kullanımı

En etkili antimikrobiyal etkili ajanlardan biri olarak kabul edilen klorheksidin glukonat içerikli gargara, diş macunu, vernik veya jellerin kullanımı ile plak bakterilerinin diş yüzeyine adezyonunu engellemek mümkün olabilmektedir (94). Klorheksidin glukonat içerikli gargaraların kullanımının mine demineralizasyonunu önleyemediği ancak florür içerikli ürünlerle birlikte kullanımlarının remineralizasyon yönünde sinerjik etki yarattığı belirtilmiştir (95).

Remineralizasyon Ajanlarının Kullanımı

Başlangıç çürük lezyonlarının ilerlemesini durdurabilmek ve diş sert dokularına sağlıklı yapılarını geri kazandırabilmek amacıyla flor veya kalsiyum içerikli çeşitli remineralizasyon ajanlarından faydalanılmaktadır (96).

Lazer Uygulamaları

Diş hekimliğinin birçok alanında kullanımı yaygın olan lazerlerin, çürük oluşumunun önlenmesinde de etkili olabildikleri düşünülmektedir. Yapılan çalışmalarda çeşitli lazer türlerinin mine dokusunda morfolojik değişikliklere ve mine yüzeyinde aside karşı daha dirençli ve büyük hidroksiapatit kristal formasyonu sağladığı bildirilmiştir (97,98). Lazerin florür veya CPP-ACP gibi remineralizasyon ajanları ile birlikte kullanımının sinerjik bir etki yarattığını belirten çalışmalar bulunmasına rağmen etkinliğinin kanıtlanması için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu belirten araştırmalar da bulunmaktadır (99).

Ozon Uygulamaları

Üç adet oksijen atomundan oluşan ozon gazının güçlü antibakteriyel ve antioksidan özellikleri bulunmaktadır. Antioksidan etkisiyle çürük lezyonu üzerindeki protein tabakayı ve mikroorganizma artıklarını kaldırarak dentin tübüllerini açığa çıkardığı ve bu bölgelere mineral birikimini kolaylaştırarak dokuya aside dirençli bir yapı kazandırdığı bildirilmiştir. Bu özelliklerinden dolayı diş hekimliğinde ozonun kullanımı üzerine yapılan çalışmalarda, plaktaki karyojenik mikroorganizmaların sayılarını azalttığı ve çürük lezyonlarının remineralizasyonunda etkili olduğu belirtilmiştir (100,101).

Rezin İnfiltrasyon Uygulamaları

Rezin infiltrasyon tekniğinde; başlangıç çürük lezyonlarında, çürüğün lezyon gövdesine ışıkla sertleşen düşük viskoziteli rezinlerin penetrasyonu sağlanarak bu bölgedeki porların kapatılması ve böylece çürük lezyonunun ilerlemesinin durdurabilmesi amaçlanmaktadır (60).

Fissür Örtücü Uygulamaları

Pit ve fissürlerde çürük oluşumunu önlemek veya başlangıç çürük lezyonlarının ilerlemesini durdurmak amacıyla, besin ve mikroorganizma birikimini fiziksel bir bariyer oluşturarak engelleyen pit ve fissür örtücü materyalleri kullanılabilmektedir (11).

2.4. Remineralizasyon Ajanları

2.4.1. Florür İçerikli Remineralizasyon Ajanları

Diş çürüğünü önlemede etkili olan florürün etkisinden, sistemik olarak (suların florlanması, florürlü tabletler vb.), topikal florür uygulamalarıyla (florür jeli, florür vernikleri vb.), ev tipi kullanım ürünleriyle (diş macunları, ağız gargaraları) veya florür içerikli dental materyallerle faydalanılmaktadır (102).

Sistemik Florür Uygulamaları

Florürlü tablet ve damlaların kullanımı, içme suları, süt ve tuzların florülenmesi ile florür iyonunun sistemik etkilerinden faydalanılmaktadır. Ancak günümüzde gıdalara florür eklenmesi sık tercih edilen bir uygulama değildir (103).

Topikal Florür Uygulamaları

Sodyum florür (NaF), asidüle fosfat florür (APF), kalay florür (SnF_2) ve amin florür (AmF) formülleri, florür içerikli jel ve solüsyon preparatlarında en çok kullanılan ajanlardır. Düzenli APF içerikli jel uygulamasının başlangıç çürüklerinin ilerlemesini durdurabildiği bildirilmiştir. Mine yüzeyini kaplayarak florür rezervuarı işlevi gören florürlü verniklerin (Duraphat), yapay çürük lezyonlarında remineralizasyon sağladığı belirtilmiştir (60,104,105).

Diş Macunları ve Ağız Gargaraları

Florür içeren diş macunu kullanımının çürük insidansını azalttığı klinik çalışmalarla kanıtlanmıştır. Diş macunlarındaki florür, sodyum florür (NaF), sodyum

monoflorofosfat (Na_2FPO_3) veya kalay florür (SnF_2) olmak üzere 3 ayrı formda bulunabilmektedir. Ağız ortamına serbest florür sağlayan sodyum florür formülü kalsiyum ile birlikteliğinde çözünmeyen kalsiyum florür tuzu oluşturabildiğinden, kalsiyum içerikli aşındırıcı içeren diş macunlarında sodyum monoflorofosfat formu kullanılmaktadır. Monoflorofosfat iyonları ağızda bulunan fosfataz enzimleriyle karşılaştığında hidrolize olmakta ve ortama serbest florür sağlamaktadırlar. Kalay florür, ağız ortamına florür ve kalay iyonları sağlayarak antimikrobiyal ajan olarak da işlev görmektedir (106,107).

Florür içerikli ağız gargaralarının kullanımı ile tükürükteki florür konsantrasyonu uzun süreli olarak artırılabilir. Zamanla etkilerinin azaldığı bilinse de, ağızda kalan miktarlarının remineralizasyonu destekleyebildiği ve çürük oluşumunu engelleyebildiği düşünülmektedir (108).

Florür İçerikli Dental Materyaller

Geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomerlerin ve florür salan kompozit materyallerin mine ve dentinde sekonder çürük oluşumuna karşı koruma sağladığı varsayılmaktadır. Bu materyallerin florürlü ağız gargaraları ve diş macunları ile demineralizasyonu önlemede sinerjik etkiye sahip olduğu bilinmektedir (109).

Pit ve fissür örtücü içeriğinde bulunan florürün pit ve fissür çürüklerinden korunmada etkili olduğu ve fissür tabanında gelişen başlangıç çürüklerinde remineralizasyon sağlayabildiği bildirilmiştir (107).

2.4.2. Şeker Alkolleri

Ksilitol

Beş karbonlu bir şeker alkolü olan ve oral streptokoklar tarafından metabolize edilemeyen ksilitolün çalışma mekanizması tam olarak bilinmese de, asidojenik bakterilerin diş yüzeyine adezyonunu engellediği bilinmektedir. Diş macunu, ağız gargaraları ve sakız gibi ürünlere katılan ksilitollerin oral kavitede *S. mutans* sayısını azalttığı bildirilmiştir. Ayrıca tükürük akış hızını ve tükürüğün tamponlama kapasitesini artırarak ağız ortamının pH değerini yükselttiği ve içeriğindeki hidroksil iyonlarıyla tükürükteki kalsiyum ve fosfat iyonlarına bağlanarak ağızdaki kalsiyum seviyesini sabit tuttuğu bilinmektedir (110,111).

Sorbitol

Oral streptokoklar tarafından metabolize edilebilen sorbitol, sükröz ve fruktoz gibi şekerlere oranla, fermente edildiğinde daha az asit üretimi gerçekleştiği için nonkaryojenik şekerler grubunda değerlendirilmektedir. Çürük önleyici etkisinin ksilitolden daha az olduğu bildirilmiştir (112).

İzomalt

Şekerleme ve sakızlarda kullanılabilen izomalt, oral streptokoklar tarafından metabolize edilmediğinden dolayı non-asidojenik ve non-karyojenik şekerler grubuna dahildir. Kalsiyum bağlama etkinliğinden dolayı remineralizasyona katkı sağladığı ve florür içerikli ürünlerle birlikte kullanıldığında etkilerinin potansiyalize olduğu saptanmıştır (113).

2.4.3. Bitkisel Kaynaklı Remineralizasyon Ajanları

Kitosan

Kitinin deasetilasyonu sonucu elde edilen bir polimer olan kitosan, bakterisid ve bakteriyostatik özellikleri ve mutans streptokokların diş yüzeyine adezyonunu engelleyebilmeleri sebebiyle diş hekimliğinde çürük önleyici ajanlar arasında yer almaktadır. Yapılan çalışmalarda, sakızların içine eklenen kitosanın karyojenik bakterilerin üremesini engellediği ve mine demineralizasyonunun önüne geçtiği bildirilmiştir (114,115).

Galla Chinensis

Çin'de yetişen bu bitkinin özü, diş sert dokularında demineralizasyonu önleyerek remineralizasyona katkı sağlayabilmektedir (116). Ayrıca, mine yüzeyinde gerçekleşen remineralizasyonu yavaşlatarak yüzeyaltı lezyonlara iyon transportu sağlayabilmesiyle florür iyonundan farklı bir remineralizasyon etkinliği bulunmaktadır (117).

Üzüm Çekirdeği Ekstresi (Polifenoller)

Üzüm çekirdeği ekstresinden elde edilen proantosiyanid polifenolü, amilaz ve glikoziltransferaz enzim inhibisyonu yeteneğine sahiptir. Bu özelliği ile mutans streptokoklarının diş yüzeyine adezyonunu engelleyebilen, dolayısıyla demineralizasyonu önleyebilen bir ajandır (118). Ayrıca bazı çalışmalarda diş

yüzeyinde mineral birikimini sağlayarak remineralizasyona da katkı sağladığı bildirilmiştir (119).

Teobromin

Diş minesinin sertliğini artırarak çürüğe karşı daha az duyarlı bir yapı oluşturmaya teobromin, remineralizasyonu destekleyici bir ajan olarak kabul edilmektedir. Kakao bitkisinden elde edilen bu alkaloidin, oral kavitede plak birikimini ve *S. mutans* sayısını azalttığını bildiren çalışmalar da mevcuttur (120,121).

Propolis

Propolis, arıların kovanları korumak amacıyla kullandıkları doğal bir maddedir. Aktif bileşeni olan flavanoidlerin antibakteriyel, antiviral, antioksidan ve antienflamatuar özellikleri bulunmaktadır. Yapılan in vivo ve in vitro çalışmalarda propolisin, *S. mutans* ve *S. sobrinus* 'un glikoziltransferaz enzimlerini inhibe edebildiği saptanmıştır (122,123). Ancak çalışmalarda kullanılan propolis çeşidine göre antikaryojenik etkileri değişebildiği için sonuçların çelişkili olduğu ve bu konuda daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu belirtilmiştir (99).

2.4.4. Biyoaktif Materyaller ve Nanoteknolojik Ajanlar

Kazein Fosfopeptit-Amorf Kalsiyum Fosfat (CPP-ACP)

Eric Reynolds tarafından geliştirilen bu protein nanoteknolojisi, süt proteininden elde edilen kazein fosfoproteinlerin (CPP) amorf kalsiyum fosfat (ACP) ile birleştirilip ultrafiltrasyon ile saflaştırılması sonucu nanopartiküller oluşturmaya esasına dayanmaktadır. Nötral ve alkali koşullar altında kazein fosfopeptidleri, kalsiyum ve fosfat iyonlarını stabilize ederek, bazik kalsiyum fosfat fazlarına göre aşırı doymuş yarı kararlı çözeltiler oluşturmaktadır (124,125). Kazein fosfopeptidler, kalsiyum ve fosfatı stabilize ederek yüzeyaltı lezyonlarda muhafaza edilmesini sağlamak ve mine remineralizasyonuna hidroksiapatit oluşumuyla katkıda bulunmaktadır (126). CPP tarafından bağlanan kalsiyum ve fosfat miktarı pH yükseldikçe artmaktadır (124,125).

Günümüzde CPP-ACP nanoteknolojisi remineralizasyon ajanı olarak çiğneme sakızlarına ve bazı diş kremlerine eklenmiştir. Florür ile kombin olarak kullanıldığı formüller de bulunmaktadır (124,125). Beyaz nokta lezyonlarında, floroziste, ortodontik braketlerin altında oluşan beyaz nokta lezyonlarında, mine demineralizasyonlarında ve dentin hassasiyetini gidermekte kullanılabilmektedirler (127).

Çiğneme sakızlarında bulunan CPP-ACP, spesifik plak bakterisine bağlanarak ve dental plak biyofilmi içerisinde ACP'nin lokalizasyonunu sağlayarak plak ekolojisini değiştirmektedir. Nötral ve alkali pH seviyelerinde etkili olmasıyla birlikte asidik pH değerlerinde de remineralizasyon ajanı olarak çalışabildiği bildirilmiştir (124,125,128).

CPP-ACP içerikli ürünlerin formülüne florür eklenmesiyle (CPP-ACFP), dental plaktaki florür seviyelerinin artabildiği bildirilmiştir. Bu durum plak bakterisinin metabolizmasını olumsuz yönde etkilemekte ve floroapatit oluşumuyla remineralizasyona katkı sağlamaktadır (126). Yapılan klinik çalışmalarla florür ve CPP-ACP içeren diş macunu ve ağız gargaralarının mine dokusunda daha fazla remineralizasyon sağladığının saptanmasıyla, florür ile CPP-ACP arasında bir sinerji olduğu düşünülmüştür (129). Bu sinerji, başlangıç çürük lezyonlarında, florürlü diş macunu kullanımı sonrası CPP-ACP içerikli diş kremi uygulamasının remineralizasyonu artırdığını bildiren laboratuvar çalışmalarıyla desteklenmiştir (130).

Demineralizasyonu önlemesi ve remineralizasyonu desteklemesinin yanısıra CPP-ACP içerikli ürünlerin, mutans streptokoklarındaki adezin moleküllerine bağlanarak dental plaktaki birikimlerini bozma, plak kalsiyum seviyelerini yükseltmesiyle dental plak fermentasyonuna engel olma ve fermente edilebilir karbonhidrat varlığında bakteri çoğalmasını önlemek için protein ve fosfat tamponlamasını sağlama gibi özellikleri de bulunmaktadır (126).

Hidroksiapatit Nanopartikülleri

Diş çürüklerinin oluşumunu ve ilerlemesini önlemek amacıyla biyofonksiyonel materyaller geliştirilmektedir. Diş dokusunun inorganik fazının ana bileşeni olan hidroksiapatit yapısını içeren materyaller, diş dokusuna kalsiyum ve fosfat iyonları sağlayarak demineralizasyonu azaltacakları ve remineralizasyonu destekleyecekleri düşüncesiyle üretilmişlerdir (131–133).

Hidroksiapatit nanopartikülleri, biyomimetik remineralizasyon ajanı olarak tanıtılmaktadır. Bunun sebebi; remineralizasyon etkilerinin, florürün mine hidroksiapatit kristallerinde bir yüzey modifikasyonu oluşturmaktan farklı olarak, mine yüzeyinde, aynı morfoloji, boyut ve çözünürlüğe sahip yeni bir apatit özellikte mineral tabakası oluşturmalarıdır (134). Yeni yüzey katmanları oluşturdıkları kanısına, mikroskopik olarak demineralize mine yüzeyinde partikül birikimine sebep olmalarından dolayı varılmıştır. Bu nedenle başlangıç mine lezyonlarında remineralizasyon potansiyeline

sahip oldukları düşünülmektedir (135). Ayrıca 20 nm boyutundaki nanopartiküller, minenin doğal yapısı için biyomimetik olarak, anti-çürük ajanı olarak ve mine lezyonlarının tamirinde etkili bir ajan olarak tanımlanmaktadır (136).

Biyomimetik olarak değerlendirilen bu partiküllerin bakteriyel adezinlerle etkileşime girebileceği, bakteri kümülasyonunu azaltabileceği ve sonuç olarak biyofilm oluşumunu azaltabileceği düşünülmektedir. Son zamanlarda, nanohidroksiapatit partiküllerinin oral biyofilm oluşumunu engellediği de bildirilmiştir (137).

Trikalsiyum Fosfat (TCP)

$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ formülündeki trikalsiyum fosfat, alfa ve beta olmak üzere iki ayrı formda bulunmaktadır (138). Tükürük ve plaktaki kalsiyum seviyelerini yükseltmek amacıyla üretilmiş olan kristalin beta trikalsiyum fosfat (β -TCP), kalsiyum karbonat ve kalsiyum hidrojen fosfat bileşenlerinden oluşmaktadır (139,140). Yapılan bir in vitro çalışmada, β -TCP'nin kalsiyum iyonu salabildiği ve erken mine lezyonlarını remineralize edebildiği bildirilmiştir (141,142).

β -TCP kullanımında karşılaşılan en önemli problem; kalsiyum fosfat oluşumu, florür varlığında ise kalsiyum florür oluşumu ile serbest kalsiyum ve florür miktarının düşmesine neden olarak remineralizasyonu önleyebilmesidir. Kalsiyum ve fosfat arasındaki etkileşimi azaltmak için, solüsyondaki TCP seviyelerinin çok düşük tutulmaları veya titanyum dioksit gibi metaloksitlerle birlikte kullanımları önerilmektedir (143).

Kalsiyum Sodyum Fosfosilikat (Biyoaktif Cam)

Yapılan in vivo ve in vitro çalışmalarda, biyoaktif cam parçacıklarının dentin yüzeyinde birikerek karbonize hidroksiapatit benzeri bir yapı oluşturduğu ve bu yolla dentin tübüllerini tıkayabildiği gösterilmiştir (144,145).

Mine remineralizasyonuna katkı sağlayabildiğini gösteren az sayıda çalışma mevcuttur. Burwell AK. ve ark. (2009), biyoaktif cam materyallerin başlangıç çürük lezyonlarındaki etkisini incelediği çalışmasında, 5000 ppm F ile birlikte kullanımlarının mine remineralizasyonu üzerinde sinerjik etkiye sahip olduğunu ancak uygulama sonrası SEM görüntülerinde demineralizasyona bağlı gelişen prizmatik mine kaybının net olarak gözlemlendiğini bildirmişlerdir (146).

İnsan minesi üzerinde yapılan bir çalışmada, ağırlıkça %7.5 oranında biyoaktif cam içeren diş macununun asit atakları karşısında kontrol grubuna göre anlamlı bir koruma sağlayamadığı ayrıca eroziv yüzeylerde remineralizasyon oluşumunu indüklemediği belirtilmiştir (147).

Trikalsiyum Silikat

Diş sert dokusunda apatit oluşumunu indükleyebilen trikalsiyum silikat biyoaktif materyali üzerine yapılan çalışmalarda, mine yüzeyinde florür ile benzer remineralizasyon etkilerinin olduğu, ayrıca mine yüzeyine kalsiyum ve fosfat çökmesini sağladığı bildirilmiştir (148,149).

Kendiliğinden Birleşen Peptidler

Anyonik peptidlerin, diş sert dokularından mineral kaybını önlemesi ve diş sert dokularına mineral kazancını desteklemesi gibi olumlu özelliklerinden dolayı remineralizasyon ajanı olarak kullanılabileceği düşünülmektedir. Diğer remineralizasyon ajanlarından farkı, diş yüzeyinde minerallerin çökmesine elverişli bir iskelet yapı oluşturmastır. Brunton PA ve ark. (2013), peptitlerin diş sert dokusu üzerinde anlamlı bir remineralizasyon gerçekleştirdiğini belirtmişlerdir (150,151).

2.4.5. Kalsiyum ve Fosfat Kaynaklı Diğer Remineralizasyon Ajanları

Kalsiyum Fosforil Oligosakkaridler

Patates nişastasının şekere dönüştürülmesi sonucu oluşan artık üründen fosforil oligosakkaritler (PO_5); PO_5 'lerden ise yüksek çözünürlüğe sahip kalsiyum fosforil oligosakkaritler (PO_5 -Ca) elde edilmektedir (152).

Kalsiyum fosforil oligosakkaritler diş çürüklerini birçok mekanizma ile önleyebilmektedirler. Kalsiyum iyonlarını, kalsiyum fosfat çökeltisi oluşturmadan, biyolojik olarak kullanılabilir bir formda tükürüğe geçirebildiği; ayrıca, mutans streptokoklarının sebep olduğu pH düşüşlerini önleyebildiği in vitro olarak tespit edilmiştir (153).

PO_5 -Ca'lar çürük önleme amacıyla şekerli sakızlara eklenmiştir ve PO_5 -Ca'lar'ın, PO_5 -Ca içermeyen şekerli sakızlara göre erken dönem mine lezyonlarında in

situ olarak önemli derecede daha fazla remineralizasyon sağladığı bildirilmiştir (154,155).

Dikalsiyum Fosfat Dihidrat (DCPD)

Florür içerikli diş macunlarına eklenen DCPD ile ilgili yapılan çalışmalarda, florürün mine remineralizasyonuna olan etkisini artırdığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca kalsiyum aktivitesinin değerlendirildiği bir çalışmada, plaktaki kalsiyum ve fosfat seviyelerini artırdığı ve çevresine kalsiyum salınımı yaparak remineralizasyona katkı sağladığı ifade edilmiştir (156,157).

Kalsiyum Karbonat (CaCO_3)

Diş macunlarında abraziv ajan olarak kullanılan kalsiyum karbonat alkali bir yapıdadır ve tamponlama etkinliği bulunmaktadır. Duke S. (1986), kalsiyum karbonatın küçük partiküllerinin fırçalama sonrası dental plakta depolandığını, ortam pH'sı düştüğünde bu partiküllerin plaktan çözünerek karyojeniteyi azalttığını bildirmiştir. CPP-ACP içerikli diş macunlarıyla kıyaslandığı başka bir çalışmada ise, remineralizasyon etkisinin CPP-ACP kadar başarılı olmadığı belirtilmiştir. Kalsiyum karbonat materyalinin remineralizasyon üzerine etkisinin anlaşılabilmesi için daha fazla sayıda çalışmaya ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir (158,159).

Sodyum Trimetafosfat (sTMP)

Organik bir polifosfat tuzu olan trimetafosfat (TMP), mine yüzeyine bağlanarak asit atakları karşısında koruyucu bir bariyer oluşturmaktadır. Bu özelliği ile demineralizasyonu azalttığı ve remineralizasyonu desteklediği düşünülmektedir. Yapılan in situ çalışmalarda florür içerikli vernik, jel ve diş macunlarına TMP eklenmesinin remineralizasyonu olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Ancak TMP'nin etkinliği ile ilgili yeterli sayıda klinik çalışma bulunmamaktadır (160,161).

2.5. Demineralizasyon ve Remineralizasyon Çalışmalarında Kullanılan Yöntemler

2.5.1. Yapay Çürük Modelleri

Başlangıç çürük lezyonlarının oluşum sürecini ve bu lezyonların önlenmesi amacıyla kullanılan remineralizasyon ajanlarının antibakteriyel özelliklerini, remineralizasyon yeteneklerini ve ortama florür salabilme potansiyellerini

değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmalarda yapay çürük modellerinden/ demineralizasyon uygulama yöntemlerinden yararlanılmaktadır (162).

Asit Tamponların Kullanıldığı In Vitro Demineralizasyon Modeli

Kalsiyum ve fosfat gibi asit tamponların veya asidik jellerin kullanıldığı en basit demineralizasyon modeli olan bu yöntemde, mine veya kök kesitlerinin tampon solüsyonunda bekletilerek, histolojik olarak doğal çürük lezyonlarına benzer yüzeyaltı lezyonların oluşturulması amaçlanmaktadır (163).

Solüsyonların hazırlanmasında dikkat edilmesi gereken bazı hususlar bulunmaktadır. Bu yöntemde, yüzeyaltı mineye diffüze olabilmelerinden dolayı laktik asit veya asetik asit gibi zayıf organik asitlerin kullanılması önerilmektedir. Belirli bir doygunluk derecesinde kalsiyum ve fosfat konsantrasyonlarının spesifik olarak ayarlanması, tükürüğün taklit edilmesi amacıyla solüsyona bir miktar yüzey çözünme inhibitörünün eklenmesi ve solüsyonun pH değerinin 4,5 ile 5,0 aralığında olması gerektiği belirtilmektedir. Araştırma konusuna bağlı olarak solüsyona florür iyonunun eklenebileceği ancak eklenen miktarın kesin olarak bilinmesi gerektiği vurgulanmaktadır (164,165).

Tükürük komponentinin olmaması, remineralizasyon aşamasının bulunmaması, asit solüsyonlarının yenilenmemesi ve materyaller üzerinde artık bileşenlerin kalması gibi sebeplerle ağız ortamının tam olarak taklit edilemediği bildirilmiştir (166).

pH Siklus Modelinin Kullanıldığı In Vitro Demineralizasyon/ Remineralizasyon Yöntemi

Oral kavitede gün içerisinde gerçekleşen demineralizasyon-remineralizasyon döngüsünü taklit etmek amacıyla uygulanan bir yöntemdir. Demineralizasyon sürecini ve materyallerin remineralizasyon mekanizmasının net sonucunu veren bu yöntem, sıklıkla florür salan materyallerin etkinliğini ölçmek amacıyla tercih edilmektedir (166,167).

pH siklusunun demineralizasyon aşamasında, diş örnekleri birkaç saat süreyle asetik asit, kalsiyum ve fosfat gibi asit tamponları ve düşük seviyede florür içeren, 4,3 gibi bir pH değerine sahip demineralizasyon solüsyonunda bekletilmektedir. Remineralizasyon aşamasında ise diş örnekleri, tükürüğün remineralize edici özelliklerini taklit etmek için belirli bir doygunluk derecesinde kalsiyum, fosfat ve düşük

seviyede florür içeren solüsyonda bekletilmektedir. Bu siklus, belirlenen zaman periyodu boyunca, solüsyonlar değiştirilerek tekrarlanmaktadır. Mine veya dentine uygulanan dental materyallerin, pH siklusu öncesinde termal siklusa konulması önerilmektedir (166,168,169).

Bakterilerin Ürettiği Asitlerin Kullanıldığı In Vitro Demineralizasyon Modeli

Mine veya kök kesitlerinin, fermantasyon sonucu organik asit üreten *S.mutans* gibi bakterileri içeren solüsyona daldırılmasıyla gerçekleştirilen bir yöntemdir ve termal siklus sonrasında uygulanabileceği belirtilmiştir.

Bu yöntemin, solüsyon içerisindeki kalsiyum, fosfat ve florür seviyelerinin tam olarak bilinmemesi ve kontrol edilememesi, solüsyonun pH değerinin devamlı olarak düşmesi, remineralizasyonu destekleyen bir aşama bulunmamasından dolayı solüsyon miktarının azalması ve reaksiyon ürünlerinin birkikmesi gibi dezavantajları bulunmaktadır (166,167).

İnsan Çenesinde Gerçekleştirilen In Situ Çalışmalar

Mine veya dentin bloklarının parsiyel protezler gibi apareylere gömülerek, ağız ortamına belirli bir zaman periyodu boyunca yerleştirilmesi sonrasında meydana gelen demineralizasyon veya remineralizasyonun ölçüldüğü bir modeldir. Bu modelin, dental materyallerin florür etkinliklerini veya antibakteriyel etkinliklerini değerlendirmede kullanılabileceği bildirilmiştir (170,171)

Örnek seçimi ve büyüklüğü, örneğin uygulanacağı apareyin seçimi ve apareye yerleştirilmesi gibi birçok zaman alan ve dikkat gerektiren aşamalarının olması, en az 10 adet örneklem gerektirmesi, pahalı bir yöntem olması ve etik zorluklar gibi dezavantajları bulunmaktadır (171,172).

Çekimi Planlanmış Dişlerde Yapılan Çalışmalar

Bu model, gerçek ağız ortamında gerçekleştirilen, vital diş, plak, tükürük ve normal beslenmenin yer aldığı en güvenilir test yöntemi olarak kabul edilmektedir. Bu modelde çekimi planlanmış dişlere, ortodontik bant veya braketlerin uygulanmasıyla diş yüzeyinde plak birikiminin artırılması amaçlanmıştır. Florür salan kompozit materyallerin ve antibakteriyel ajanların kolayca test edilebildiği bu yöntemde örnek seçimi, sayısı ve uygulaması sırasında, test süreci boyunca florür içerikli gıdaların

tüketiminde dikkatli olunması gerektiği belirtilmiştir. Diğer yöntemlere göre daha pahalı ve zaman alan bir yöntem olduğu düşünülmekte olup, etik zorluklar içermektedir (166,173).

Yapay Çene Modelleri

Çürük oluşum sürecini anlayabilmek amacıyla laboratuvar ortamında istenilen ölçülerde yapay çene üretimleri yapılmıştır. Teorik olarak bakteri, diş, tükürük ve beslenme düzeninin bulunabileceği, gerçek ağız ortamını yansıtabilen bu yöntem, uygulama sürecinin yıllar almasından dolayı başarıya ulaşamamıştır (174).

In Vivo Hayvan Modelleri

Sıçanlar üzerinde yapılmış florür içerikli dental materyallerin test edildiği çalışmaların sonuçlarının, insan modellerinde yapılan çalışmalarla benzer olduğu bildirilmiştir. Bu modellerin zaman alıcı ve pahalı olması, sıçan ve insan tükürük yapısının aynı olmaması ve sıçan ağızlarına uygulanan materyallerin boyutlarının çok küçük olması gibi dezavantajları bulunmaktadır (175).

2.5.2. Demineralizasyon ve Remineralizasyonun Değerlendirilmesinde Kullanılan in Vitro Yöntemler

Mikrosertlik Testi

Diş hekimliği alanında mikrosertlik testi, dental materyallerin mekanik özelliklerini değerlendirmek veya bu materyallerin diş sert dokularında meydana getirdiği yüzey sertlik değişimlerini incelemek amacıyla kullanılmaktadır. Knoop ve Vickers bu amaçla sıklıkla kullanılan farklı test yöntemleridir (176).

Mikrosertlik testlerinde, cihazın elmas ucu ile incelenen örnek üzerine bir kuvvet uygulanmaktadır. Uygulanan kuvvet sonrası örnek üzerinde oluşan izin köşegen uzunluğu ölçülerek ortalama bir değer hesaplanır. Bu değer, µm cinsinden materyalin sertlik değeri olarak belirlenmektedir (177).

Knoop ve Vickers testlerinin farklılığı, kullanılan cihazların uçlarından kaynaklanmaktadır. Vickers sertlik testinde kullanılan elmas uç, eşkenar piramit şeklindedir ve 136 derecelik bir tepe açısına sahiptir. Knoop testinde ise elmas uç piramit şeklindedir ve ucun tepe açısı 172 derecedir. Kullanılacak testin seçimi, incelenecek materyalin cinsine göre belirlenmektedir (178).

Taramalı Elektron Mikroskobu ve Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi (SEM ve SEM/EDX)

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), incelenmek istenilen bir alanın yüksek enerjili elektronlar ile taramasını yaparak yüzeyin topografik özelliklerini yansıtan, objelerin 3 boyutlu olarak incelenmesine olanak sağlayan bir görüntüleme yöntemidir. SEM analizinde incelenecek nesnelerin iletken olmaları gerektiğinden dolayı genellikle iletken bir materyalle kaplanmaları önerilmektedir. 5x-300000x büyütme miktarına ve 30 µm odak derinliğine sahip olması sayesinde, incelenen örneklerin yüzey görüntüleri ayrıntılı olarak elde edilebilmektedir. Diş hekimliği alanında çürük ve benzeri lezyonların değerlendirilmesinde kullanılabilecek ideal bir yöntem olduğu belirtilmektedir (179).

Enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi, incelenen örneğe X-ışını gönderen ve yansıyan X-ışınını geri absorbe ederek örnekte bulunan elementlerin sayısal olarak analizini yapabilen bir yöntemdir. Bu yöntem ile incelenen nesnede bulunan Ca, Na, C, O, F ve P gibi eser elementlerin ağırlıkça veya atomik olarak yüzdeleri hesaplanabilmektedir. Bu özelliği ile diş hekimliğinde remineralizasyon ajanlarının diş sert dokularındaki etkinliğinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (180).

Bilgisayarlı Mirotomografi (Mikro-CT, µCT)

Bilgisayarlı mikrotomografi, incelenen örneklerden ard arda, yaklaşık 10 µm kalınlığındaki transaksiyel kesitlerde görüntü elde eden ve bu iki boyutlu kesit görüntülerini bir program aracılığıyla üç boyutlu görüntüye çeviren bir tomografi sistemidir. µCT, diş hekimliğinde sert dokuların in vitro ortamda, kalitatif ve kantitatif ölçümlerinde tercih edilmektedir (181,182).

Tekrarlanabilir ölçüm olanağı sunması ve görüntüler üzerinde analiz yapılabilmesi gibi avantajları mevcuttur ancak tarama süresinin uzun olması ve elde edilen büyük dosya boyutlarının saklanma güçlüğü yaratması gibi dezavantajları bulunmaktadır (181,182).

Konfokal Lazer Tarayıcı Mikroskobu (CLSM)

CLSM, incelenen örnekler üzerinde çizgisel tarama yaparak kesitsel görüntüler elde eden ve bu görüntüleri bilgisayar ortamında üç boyutlu hale çeviren bir yöntemdir. Diş hekimliğinde adeziv sistemlerin oluşturduğu rezin taglerin veya hibrit tabakasının

incelenmesinde, remineralizasyon ajanlarının sert dokuda oluşturdıkları etkinin derinliklerinin değerlendirilmesinde, endodontide kanal dolgu patlarının veya irrigasyon solüsyonlarının dentin tübüllerine penetrasyonunun belirlenmesinde kullanılmaktadır. Elde edilen görüntüler üzerinde ölçümlerin yapılabilmesi ve SEM incelemesinde gerekli olan örnek hazırlığının CLSM’de gerekli olmaması, bu tekniğin en önemli avantajlarından (183,184).

Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)

Atomik kuvvet mikroskobu, 40-60 nm boyundaki sivri ucuyla incelenen yüzey üzerinde detaylı bir tarama yaparak, yüzeyin üç boyutlu ve yüksek çözünürlüklü görüntüsünü elde eden bir mikroskop türüdür. Diş sert dokularında meydana gelen demineralizasyon ve remineralizasyonun değerlendirilmesinde tercih edilmektedir (185).

Transvers Mikroradyografi

In vitro olarak dokuların mineral yoğunluğunun kantitatif olarak belirlenmesinde kullanılan en klasik yöntem olmasından dolayı demineralizasyon ve remineralizasyon deneylerinde sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. Yöntemde, incelenecek diş sert doku bloğuna X ışınları gönderilmekte, dokuya penetre olan X ışınları kaydedilmekte ve ölçümler μm değerinde gerçekleştirilmektedir (186).

2.6. Pit ve Fissür Örtücüler

Pit ve fissürlerde besin ve mikroorganizma birikimini fiziksel bir bariyer oluşturarak engelleyen pit ve fissür örtücüler, çürük oluşumunu önlemek veya çürük ilerlemesini durdurmak için kullanılan materyallerdir (11).

2.6.1. Pit ve Fissür Örtücülerin Tarihçesi

Geçmişten günümüze, fissürlerin çürükten korunması amacıyla birçok yöntem geliştirilmiştir. Fissürlerin çinko fosfat siman ile doldurulması ilk denenen uygulamalardan (187). 1923 yılında Hyatt tarafından, bütün pit ve fissürleri içeren sınıf I kavite preparasyonu üzerine restorasyon yerleştirmeyi gerektiren, profilaktik odontomi adı verilen invaziv bir teknik önerilmiştir. (188). 1929 yılında ise Bodecker, fissürotomi veya fissür eradikasyonu diye adlandırılan, derin fissürlerin genişletilerek temizlenebilir yüzeylere dönüştürülmesini amaçlayan bir teknik denemiştir (189).

1955 yılında Buonocore, akrilik reçinenin önceden aşındırılmış diş minesine bağlanma yöntemini geliştirdiği araştırmasını yayınlamıştır. Kendiliğinden sertleşen metil metakrilat reçine malzemelerinin diş minesine yapışmasını artırmak amacıyla, 30 saniye boyunca %85'lik fosforik asidin mine yüzeyine uygulandığı asitle aşındırma tekniğini tanımlamıştır (190).

Sonraki yıllarda Bowen tarafından, BIS-GMA olarak bilinen, yüksek viskoziteye sahip bisfenol A glisidil dimetakrilat rezini üretilmiştir (191). Bozunmaya karşı dirençli olduğu ve asitlenmiş mineye kuvvetli bağlandığı ispatlanan BIS-GMA rezini, Buonocore tarafından 1970 yılında ultraviyole ışıkla polimerize edilerek pit ve fissür örtücüler içerisinde kullanılmıştır (192). 1983 yılında Amerikan Diş Hekimliği Birliği (ADA), BIS-GMA monomerlerinin fissür örtücülerde kullanımına onay vermiştir (193).

1970'li yıllarda Wilson ve Kent tarafından geliştirilen cam iyonomer simanları, Mc Lean ve Wilson, fissür örtücü uygulamalarında kullanmayı önermişlerdir. İlerleyen zamanlarda cam iyonomer simanların içerisine fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla rezin ilave edilmiştir. Resin modifiye cam iyonomer siman ve poliasit modifiye kompozit resin olarak adlandırılan bu materyaller günümüzde halen kullanılmaktadırlar (194).

2.6.2. Pit ve Fissür Örtücülerin Sınıflandırılması

Cam İyonomerler

Geleneksel cam iyonomer simanlar (CİS), poliakrilik asit solüsyonu ile floroaluminosilikat cam tozları arasında gerçekleşen asit baz reaksiyonu sayesinde mine ve dentine kimyasal olarak bağlanabilmektedirler (195). Sertleşme reaksiyonu sırasında monomer salınımı yapmamaları, ısısal genleşme katsayılarının diş dokusuyla uyumlu olması, resin materyallere kıyasla daha az büzülme göstermeleri, devamlı olarak florür salınımı yapabilmeleri ve florür deposu olarak görev alabilmeleri, materyalin diştan kopmasından sonra dahi fissür tabanında kalan CİS'in dişe sağladığı florür ile koruyucu etkisinin devam ediyor olması ve hidrofobik resin bazlı örtücülere kıyasla neme karşı daha az hassas olmaları gibi avantajlarından dolayı pit ve fissür örtücü olarak kullanımları önerilmektedir (196).

Nem kontrolünün tam olarak sağlanamadığı koşullarda, sürmekte olan veya kısmi sürmüş kalıcı dişlerde, izolasyonun ve hasta kooperasyonunun sağlanamadığı durumlarda geçici fissür örtücü materyali olarak tercih edilmektedirler (197).

CİS'lerin çalışma sürelerinin kısa olması, aşınma ve kırılma dirençlerinin düşük olması, rezin bazlı materyaller kadar estetik olmamaları ve materyallerin altında yüksek oranda mikrosızıntı gerçekleşmesi gibi olumsuz özellikleri bulunmaktadır. Bundan dolayı geçici bir süreyle fissür örtücü materyali olarak kullanılmaları, koşullar elverişli olduğunda rezin bazlı bir fissür örtücü materyali ile değiştirilmeleri gerektiği belirtilmektedir (197,198).

Rezin Modifiye Cam İyonomerler

Cam iyonomer simanların yapılarına rezin eklenerek oluşturulan rezin modifiye cam iyonomerlerin sertleşme reaksiyonu, rezin bileşenin fotoaktivasyonu ile başlamakta, cam iyonomer bileşenin asit baz reaksiyonu ile devam etmektedir. Toz ve likitten oluşan RMCİS'lerin likit kısmının içerdiği HEMA monomerleri sayesinde, materyal dişe kimyasal olarak bağlanabildiği gibi mikromekanik olarak da bağlanabilmektedir (196,199).

Geleneksel cam iyonomer simanlarla karşılaştırıldıklarında neme karşı daha az duyarlıdırlar ve çalışma zamanları daha uzundur. Cam iyonomer simanlar gibi florür salabilme kabiliyetleri mevcuttur ve içerdikleri monomer yapıdan ötürü artmış yüzey sertliğine sahiptir (195,199).

Poliasit Modifiye Kompozit Rezinler (Kompomerler)

Kompomerler, kompozit rezinlerin estetik özellikleri ile cam iyonomer simanların florür salabilme ve dişe kimyasal bağlanabilme özelliklerini birleştirmek amacıyla üretilmiş materyallerdir. Temel olarak monomer yapıda olan poliasit modifiye kompozit rezinlerin polimerizasyonu, kimyasal sertleşmesine ek olarak, içerdiği fotoaktivatörler sayesinde 470 nm dalga boyundaki ışıkla da gerçekleşmektedir. Monomer bileşenleri, küçük bir oranda fonksiyonel karboksilik asit grupları içermektedir. Bu oran, materyalin su ile temasında florür serbestleşmesini sağlamakta yetersizdir. Ancak polimerizasyondan sonra suyun emilmesini takiben florür iyonlarını serbest bırakmak için asit baz nötralizasyon reaksiyonunu teşvik edebilecek miktardadır (200,201).

Poliasit modifiye kompozit rezinlerin cam iyonomer simanlara göre mine ve dentine adezyonunun daha iyi olması, tekniğe daha az duyarlı olmaları ve suda çözünürlüklerinin daha düşük olması gibi avantajları bulunmaktadır. Ancak kompozitlere göre kırılma dirençleri daha düşük ve aşınmaları daha fazladır (202,203).

Rezin Esaslı Fissür Örtücüler

Temel olarak rezin matriks, inorganik doldurucu ve bağlayıcı ara fazdan meydana gelen rezin esaslı materyallerin birçoğunun monomer yapılarını BIS-GMA ve BIS-GMA türevleri oluşturmaktadır (204,205). BIS-GMA'nın sert moleküler yapısı, rezin esaslı dental materyallere düşük polimerizasyon büzülmesi ve mineye kuvvetli adezyon özelliklerini kazandırmaktadır (204,206,207).

Yüksek viskoziteye sahip BIS-GMA'nın dolgu materyallerinde kullanımı, daha düşük moleküler ağırlıklı metakrilat monomerleri ile karıştırılarak mümkün olmaktadır (208). Polimer matriksin penetrasyon kabiliyetinin artırılması ve rezinin viskozitesinin azaltılması amacıyla, trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA), üretan dimetakrilat (UDMA) ve hidroksi etil metakrilat (HEMA), rezin materyallere sık eklenen monomerlerdir (205–207).

Hidrofilik ve hidrofobik özelliğe sahip olan HEMA, materyalin nemli dokulara bağlantısını artırmaktadır. UDMA, matriks yapısında güçlü hidrojen bağları oluşturarak materyalin dayanıklılığını ve diş dokusuna adezyonunu artırmaktadır. Rezin materyalin viskozitesini azaltma amaçlı olarak eklenen TEGDMA monomerinin dezavantajı, polimerizasyon büzülmesini artırmasıdır (205–207).

Rezin esaslı fissür örtücüler mine yüzeyine mikromekanik olarak bağlanmaktadır ve bu bağlanma asit uygulaması ile sağlanmaktadır (209). Fosforik asit kullanımı ile mine yüzeyinde 5-50 µm derinliğinde mikroporoziteler elde edilmekte; minenin yüzey enerjisi ve fissür örtücüye bağlanacak yüzeyin alanı artırılmaktadır. Bununla birlikte mine yüzeyinin ıslanabilirliği ve mikromekanik retansiyonda etkili olan, yaklaşık 25 µm derinliğe kadar mine yüzeyinin iç yapısına uzanabilen rezin tagların formasyonu ile materyalin dişe adezyonu artmaktadır (210).

Çürük oluşumunu önlemek veya durdurmak amacıyla rezin esaslı fissür örtücülerin yapısına florür, kalsiyum veya fosfat gibi iyonlar eklenmiştir. Bu koruyucu yaklaşımların etkinliğini artırmak ve çürükten etkilenmiş diş sert dokularında

remineralizasyon sağlayabilmek amacıyla, son yıllarda biyoaktif rezin esaslı dental materyaller geliştirilmiştir. Dental materyallerin yapılarına eklenen nano-ACP, TCP veya biyoaktif cam partikülleri gibi remineralizasyon ajanlarının, diş sert dokularında asit nötralizasyonu sağlayabilecekleri ve iyon salınımı kabiliyetleriyle demineralizasyonun önleyebilecekleri; başlangıç çürük lezyonlarına uygulandıklarında çürük oluşum sürecini durdurabilecekleri ve diş sert dokularının remineralizasyonuna katkıda bulunabilecekleri düşünülmektedir. Bu materyallerden kalsiyum, fosfat ve florür iyonlarının salınımı, absorpsiyonu ve yeniden salınımlarının gerçekleşmesi, diş sert dokularında gerçekleşen demineralizasyonun başlangıç evresinde rezervuar görevi görmelerini sağlamaktadır (12).

Rezin esaslı fissür örtücüler saf rezin, kompozit veya kompomer yapıda olabilmekte ve polimerizasyonları kimyasal olarak veya ışıkla başlayabilmektedir (209). Günümüzde, fissür örtücüler; polimerizasyonlarına göre, doldurucu tiplerine göre, renklerine göre gruplandırılmaktadırlar.

Rezin Esaslı Fissür Örtücülerin Polimerizasyon Yöntemlerine Göre Sınıflandırılması

Rezin esaslı fissür örtücüler polimerizasyon yöntemlerine göre dört jenerasyonda gruplandırılırlar (211).

Birinci Jenerasyon: 1960'lı yıllarda asitle pürüzlendirme tekniği ile kullanılan ve ultraviyole ışık ile aktive olan ilk fissür örtücü materyali siyanoakrilat olmuştur. Ancak ağız ortamında zaman içinde bozunmaya uğradığından dolayı kullanımları terk edilmiştir (196).

İkinci Jenerasyon: Kendi kendine veya kimyasal olarak polimerize olan ikinci jenerasyon fissür örtücüler, BIS-GMA veya UDMA monomerlerinden türev alan ürünlerdir. Monomer yapıyla beraber benzoik peroksit içeren ve amin hızlandırıcı içeren iki kısmın karıştırılmasıyla elde edilen materyal, ekzotermik reaksiyonla sertleşmektedir (196,211,212).

Üçüncü Jenerasyon: Kamforokinon gibi fotoaktivatör içeren üçüncü jenerasyon fissür örtücüler, 400-500 nm dalga boyundaki görünür ışıkla polimerize olabilmektedirler. Bu materyallerin hızlı sertleşmelerinin yanısıra retansiyon özellikleri,

karıştırma işlemine ihtiyaç duyulmaması ve çalışma sürelerinin yeterli olması gibi ikinci jenerasyon örtücülere göre avantajları bulunmaktadır (213,214).

Dördüncü Jenerasyon: Çürük oluşumunun önlenmesinde yardımcı olarak kullanılan florürün, diş minesi ile temas süresini artırmak amacıyla florür salan materyaller geliştirilmiştir. Dördüncü jenerasyon grubunu oluşturan florür içerikli rezin bazlı fissür örtücülerin antibakteriyel özelliklerinin florür içermeyen örtücülere göre daha üstün olduğu bildirilmiştir (211,215).

Florürün fissür örtücülere eklenmesinde iki yöntem kullanılmaktadır. Birinci yöntemde, polimerize olmamış rezin içerisine çözünebilir florür tuzu formunda eklenen florür; fissür örtücü dişe uygulandıktan sonra çözünerek salınmaktadır. İkinci yöntemde ise florür, rezine kimyasal olarak bağlanan organik florür bileşiği formunda eklenmektedir (216).

Son yıllarda geliştirilmiş olan akıllı kapsül teknolojisinde, rezin matriks içine iyon salınımı yapabilen yarı geçirgen mikrokapsüller yerleştirilmiştir. Mikrokapsüller, belirli koşullar altında, içeriklerini kontrollü bir şekilde bulunduğu ortama salabilen, katı, sıvı veya gaz halindeki maddeleri paketleme teknolojisi olarak tanımlanmaktadır. Ortodontik simanların ve pit ve fissür örtücülerin formülüne eklenen poliüretan kapsüllerin içerdiği biyoaktif bileşiklerin (kalsiyum karbonat; $\text{Ca}(\text{CO}_3)$, sodyum florür; NaF ve potasyum hidrojen fosfat; K_2HPO_4), asit atakları karşısında mine dokusunda gerçekleşen demineralizasyonu önlediği ve yeniden depolanabilme özelliği ile uzun süreli iyon salınımı yapabildiği bildirilmiştir (13,14).

Rezin Esaslı Fissür Örtücülerin Doldurucu İçeriklerine Göre Sınıflandırılması

Rezin materyalini aşınmaya karşı daha dayanıklı kılmak için fissür örtücülere cam veya kuartz gibi doldurucu partiküller eklenebilmektedir. BIS-GMA ile bağlarını kolaylaştırmak amacıyla doldurucu partiküller silan gibi materyallerle kaplanarak fissür örtücülerin yapısına katılırlar. Aşınmaya karşı daha dirençli olan doldurucu içerikli fissür örtücülerin viskoziteleri yüksek olduğundan, fissürlere penetrasyonu zor olmaktadır ve genellikle uygulama sonrası oklüzal uyumlama gerektirmektedirler. Dolduruculu fissür örtücüler, opak ve diş renginde veya beyaz renkte olabilmektedirler (213,217).

Doldurucu içermeyen fissür örtücülerin viskoziteleri düşük olduğundan fissürlere kolay penetre olduğu, uygulama sonrası çoğunlukla oklüzal uyumlama gerektirmedikleri ve doldurucu içeren fissür örtücülere göre retansiyonlarının daha iyi olduğu bildirilmiştir. Doldurucusuz fissür örtücüler transparan veya renksiz olabilmektedirler (213,217).

Rezin Esaslı Fissür Örtücülerin Renklerine Göre Sınıflandırılması

Rezin bazlı fissür örtücüler opak (diş renginde veya beyaz) veya transparan (şeffaf, amber, şeffaf pembe) olabilmektedirler (218).

Beyaz opak fissür örtücülerin, uygulama sırasında, kontrol randevularında ve aile ve çocuk tarafından diş üzerinde kolay görünür olmaları, fissür örtücüden herhangi bir madde kaybı olduğunda kolay farkedilebilmelerini sağlamaktadır (219).

İçeriklerine Göre Fissür Örtücüler

Ormoserler

Organik modifiye seramik yapıda ve biyouyumlu olan ormoserler, büyük boyutlu monomer içerikleriyle polimerizasyon büzülmesinin ve monomer salınımının azaltılması amaçlanarak tanıtılmışlardır. Restoratif materyal ve fissür örtücü formlarında kullanılmak üzere üretilmişlerdir (220,221).

Marjinal sızıntı oranları düşük, abrazyona karşı dirençleri yüksek olduğu belirtilen ormoserlerin uzun dönem çalışmaları yeterli değildir (220,221).

Biyoaktif Cam İçerikli Fissür Örtücüler

Hench 1969 yılında, kimyasal olarak kemiğe bağlanma kapasitelerine sahip cam materyallerini keşfetmiştir. Biyoaktif cam adı verilen bu materyaller çoğunlukla tıp alanında kemik rejenerasyonunda kullanılmaktadır (222).

Biyoaktif camların hızlı yüzey reaksiyonu canlı dokulara hızlı bağlanmasını sağlar ancak camın iki boyutlu yapısı nedeniyle düşük mekanik özelliklere sahiptir. Bileşimindeki küçük bir değişiklik, biyocamın farklı dokularda veya farklı dokularla temas halinde kullanılabilmesine olanak sağlar. Bundan dolayı, yerleştirileceği dokuya göre formülleri ayarlanabilmektedir (222).

Günümüzde dental materyallere biyoaktif camlar ilave edilerek yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar, üretilen bu materyallerin demineralize

dişleri remineralize etme potansiyelleri olduğunu, aynı zamanda alkali iyon salarak ortam pH'sını yükseltmelerinden dolayı antibakteriyel özelliklerinin de olduğunu belirtmişlerdir (223,224). Başlangıç çürüklerini önleyebilecekleri düşüncesiyle biyoaktif camlar, fissür örtücülerin yapısına eklenmiştir (225).

Giomer Esash Fissür Örtücüler

Reaksiyona girmiş cam iyonomer (S-PRG) kompozitler olarak da bilinen giomerler, cam iyonomer doldurucuların rezin matriks içine dahil edilmesiyle elde edilen hibrit cam iyonomer simanlardır. Giomerlerin yapısında floro-alümina-silikat cam bulunmaktadır. Cam iyonomer simanların florür salma ve florür rezervuarı olarak görev alma özelliklerini taşımaktadırlar ve ışıkla polimerize olmaktadır (226,227).

Self etch primer ile birlikte kullanılan giomerlerin uygulamasında, mineyi asitleme basamağına ihtiyaç duyulmaması, klinik kullanımında uygulama kolaylığı sağlamaktadır. Kolay cilalanabilir olmaları, estetik özelliklerinin yüksek olması ve kompozit rezinler gibi aşınma dirençlerinin yüksek olması, giomerlerin avantajları arasında gösterilmektedir (228,229).

Amorf Kalsiyum Fosfat (ACP) İçerikli Fissür Örtücüler

Hidroksiapatit oluşumunda öncü olduğu düşünülen amorf kalsiyum fosfat (ACP), remineralizasyon potansiyeline sahip antikaryojenik özellikleri olan bir bileşiktir (230). ACP içerikli biyoaktif materyaller, oral kavitede gerçekleşen asit ataklarında lezyon içerisindeki kalsiyum ve fosfat seviyelerini yükselterek yeniden apatit oluşumunu teşvik ederler (231,232).

Son yıllarda ACP bileşikler, diş çürüğünü önlemedeki etkilerinden dolayı restoratif materyallere, cam iyonomer simanlara, ortodontik adezivlere, kuron ve köprü adezivlerine ve fissür örtücülerin yapısına eklenmiştir (231,232).

Cam Karbomerler

Cam karbomerler, geleneksel cam iyonomer simanlardan geliştirilen, monomer içermeyen, karbonize floroapatit ve hidroksiapatit nanopartiküller içeren restoratif materyallerdir. İçerdiği nanopartiküller sayesinde materyalin dayanıklılığı ve bağlanma dayanımı artırılmıştır. Cam iyonomer simanlara göre asit ataklarına ve aşınmaya karşı daha dirençli oldukları ve remineralizasyon kapasitelerinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir (233,234). Baskı dayanımlarını artırmak ve mikrosızıntı oluşumunu

önlemek amacıyla, sertleşme reaksiyonları sırasında LED ışık cihazı ile ısı uygulaması gerekmektedir (235).

Daimi dişlerde ve süt dişlerinde sınıf I ve sınıf II restorasyonlarda ve fissür örtücü olarak kullanımlarının uygun olduğu ancak direkt pulpa kuafajı için uygun bir materyal olmadığı belirtilmiştir. Derin kavitelerde kavite örtücüler ile birlikte kullanımları önerilmektedir (236).

2.6.3. Pit ve Fissür Örtücü Uygulamaları

Fissür örtücü uygulamalarından önce hastanın tıbbi ve sosyal öyküsünün yanısıra geçmiş çürük deneyimi ve mevcut çürük aktivitesi gibi risk faktörleri dikkate alınarak, radyografilerle desteklenen kapsamlı bir muayene gerekmektedir. Pit ve fissür örtücü uygulamalarında hasta ve diş seçimi yaparken göz önünde bulundurulması gereken koşullar aşağıda sıralanmıştır (209).

Tıbbi, fiziksel veya zihinsel bozukluğu bulunan çocuk ve genç erişkin hastalarda, özellikle sistemik sağlığın diş çürüğü veya çürük tedavisi ihtiyacı nedeniyle tehlikeye atılabileceği durumlarda, süt ve daimi dişlerin çürüğe yatkın tüm yüzeylerine fissür örtücü uygulamaları düşünülmelidir.

Yüksek çürük aktivitesi sınıfında değerlendirilen çocuk ve genç erişkinlerde, daimi azı dişlerinin bukkal fissürleri de dahil olmak üzere tüm hassas pit ve fissür bölgeleri fissür örtücü uygulamaları için değerlendirilmelidir.

Çürük aktivitesi bulunmayan çocuk ve genç erişkinlerde, plak tutulumuna elverişli anatomik olarak derin fissürlere sahip tüm dişler fissür örtücü uygulamaları için endikedir (237).

ICDAS kod 1 ve kod 2 gruplarına dahil olan başlangıç çürük lezyonlarının tedavisi için de fissür örtücü uygulamaları önerilmektedir (65).

Pit ve fissür örtücü uygulamalarında klinik olarak dikkat edilmesi gereken hususlar ise şu şekilde sıralanabilir:

Fissür örtücü endikasyonu olan, çürüğe karşı duyarlı erüpsiyon sonrası dönemde bulunan dişlere mümkün olan en kısa sürede fissür örtücü uygulamaları yapılmalıdır.

Rezin, kompozit veya cam iyonomer esaslı fissür örtücüler arasından tercih yapılırken, uygulama esnasındaki nem kontrolünün yeterliliği göz önünde

bulundurulmalıdır. Nem kontrolünün zor olduğu sürmekte olan veya yeni sürmüş dişlerde genellikle cam iyonomer simanlar kullanılmalıdır.

Klinik muayenede fissürlerde renkleşme gibi dişin çürük durumu ile ilgili şüpheli durum varlığında ısırma radyografilerine başvurulmalıdır. Lezyonun mine ile sınırlı olduğuna dair kesin bir kanıt bulunduğunda fissür örtücü uygulanabilir. Aksi durumda, döner alet yardımı ile fissürlerdeki lekeler giderildikten sonra restorasyon tercihi yapılmalıdır (209).

Fissür örtücü uygulamaları öncesinde, fissür örtücünün diş sert dokusuyla olan bağlantısını kuvvetlendirmek amacıyla, diş yüzeyinin üzerindeki organik artıkların uzaklaştırılması önerilmektedir (238).

Fissür örtücülerin başarısındaki en önemli faktörlerden biri, uygulama sırasında sağlanan izolasyondur. Asitleme basamağı sırasında veya sonrasında mine dokusunun herhangi bir sıvı ile temas etmesi, rezin tag formasyonunun bozulmasına; mine dokusunun tükürük ile kontaminasyonu ise glikoproteinlerin asitlenmiş mine yüzeyine çökelerek bağlanma kuvvetinin azalmasına neden olabilmektedir. Bundan dolayı diş sert dokusunun herhangi bir sıvı ile kontaminasyonu gerçekleştiğinde, asitleme basamağının tekrar edilmesi önerilmektedir. İzolasyonun yeterince sağlanamadığı koşullarda, fissür örtücü uygulamaları öncesinde bonding ajanı kullanımının, bağlanma kuvvetine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir (238,239).

Fissür örtücü uygulamalarında sıklıkla, %30 - %50 konsantrasyon aralığındaki ortofosforik asit tercih edilmektedir. 15, 30, 45 veya 60 saniye boyunca uygulanan asidin, fissür örtücülerin retansiyonu üzerinde anlamlı bir farklılık yaratmadığı bildirilmiştir. Asidin diş yüzeyinden uzaklaştırılması için genellikle diş yüzeyinin hava su spreyi ile 30 sn boyunca yıkanması, sonrasında 15 sn süreyle kurutulması önerilmektedir ancak asit uygulaması sonrasında diş yüzeyinde tebeşirimsi görüntü elde edildiği sürece, yıkama ve kurutma sürelerinin önemli olmadığını bildiren çalışmalar da mevcuttur (16,238,240).

2.6.4. Pit ve Fissür Örtücülerin Klinik Başarısını Etkileyen Faktörler

Fissür örtücülerin, pit ve fissür çürüklerinden korunmada etkili olduğu kanıtlanmıştır. Bu koruyucu etkinin devamı, fissür örtücü ile bağlandığı yüzeyin tam temas halinin korunmasıyla, bir diğer tabirle retansiyonu ile mümkün olabilmektedir (15,16). Fissür örtücülerin retansiyonu mekanik olarak sağlanmaktadır ve özellikle düzensiz fissür yüzeylerinde, temiz ve uygun klinik şartlarda çalışıldığında artmaktadır (241,242).

Marjinal adaptasyon, fissür örtücülerin başarısını etkileyen bir diğer faktördür. İyi bir marjinal adaptasyon varlığında, materyalin örtme görevi devam edeceğinden bakteriyel invazyon ve sekonder çürük oluşumuna sebebiyet verebilen mikrosızıntının görülme olasılığı azalacaktır (241,243).

Fissürlerin anatomik formlarının, fissür örtücülerin adaptasyon kabiliyetleri ve penetrasyon derinlikleri üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir. U tipi, V tipi, I tipi (Y1) ve IK tipi (Y2) olmak üzere 4 farklı anatomik fissür yapısı tanımlanmıştır ve Y paternine sahip fissürlerin, penetrasyon derinliğini en olumsuz yönde etkileyen patern olduğu belirtilmiştir (244–246).

Fissür örtücü uygulamaları sırasında kullanılan asidin tipi, asidin uygulanma süresi, asidin uzaklaştırılması sonrası yüzeyin yeterince kurutulması ve bu süreçte tükürük kontaminasyonuna engel olunabilmesi, fissür örtücülerin klinik başarısına katkıda bulunan faktörlerdir (247). Bunların dışında, derin fissürlerde tespit edilmemiş çürük varlığı, fissür örtücünün dıştan kopması ve klinisyenin tecrübesi, fissür örtücülerin başarı kriterleri arasında sıralanabilmektedir (243).

2.6.5. Pit ve Fissür Örtücülerin Dental Adezivlerle Birlikte Kullanımı

Fissür örtücülerin klinik başarısını artırmak amacıyla yapılan çalışmalar, materyalin retansiyonunu ve etkinliğini geliştirme üzerine odaklanmıştır ve bu doğrultuda fissür örtücülerin altına dental adezivlerin kullanımları önerilmiştir (18,248).

Rezin bazlı fissür örtücülerin yüksek orandaki rezin içeriğinden dolayı polimerizasyon sırasında meydana gelen büzülme, retansiyonlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca derin pit ve fissürlerin varlığında c-faktörün artacağı göz önünde bulundurulduğunda, büzülmeye bağlı olarak gelişen stresin de artacağı sonucuna varılabilmektedir. Bu durumda, fissür örtücülerin altına uygulanan dental adeziv gibi

düşük elastisite modülüne sahip bir materyalin stres kırıcı olarak görev alacağı ve materyalin retansiyonunu artıracacağı düşünülmektedir. Ayrıca, uygulanan adeziv sistemle beraber materyalin diş yüzeyine bağlanma kuvveti de artacağından, mikrosızıntı görülme olasılığının azalacağı beklenilmektedir (17,18).

2.7. Dental Adezivler

Dental adezivler, rezin materyal ile diş dokusu arasında bağlantı oluşumunu sağlayan, hidrofilik ve hidrofobik gruplara sahip rezin monomer solüsyonlarıdır (249). Yapılarındaki hidrofilik grup diş sert dokularında ıslanabilirliği artırırken, hidrofobik grup ara bağlantıyı kurarak rezin materyal ile bir bütün halinde polimerizasyonu sağlar. Adezivlerin kimyasal yapısında ayrıca polimerizasyon başlatıcı, durdurucu veya stabilize edici ajanlar, inorganik doldurucular ve çözücüler bulunabilmektedir (250).

2.7.1. Dental Adezivlerin Gelişimi ve Adezyon Kavramı

Diş hekimliğinde minimal invaziv yaklaşımların gelişmesiyle birlikte, diş dokusundan sadece hasarlı bölgelerin uzaklaştırılması ve kalan sağlam dokunun üzerine direkt bağlantı kurabilen restorasyonların yerleştirilmesi anlayışı gündeme gelmiştir. Bu yaklaşımın başlıca dezavantajı uygulama esnasında teknik hassasiyet gerektirmeleridir. Günümüzde manipülasyon zorluğundan kaynaklanan retansiyon problemlerinin önüne büyük ölçüde geçilebilmiş olsa da, restorasyon kenarlarında oluşan sızıntı, klinik ömrü kısaltan en büyük faktör olmaya devam etmektedir (251).

1955'te Buonocore, akrilik rezinin mine yüzeyine tutunmasını iyileştirmek için %85'lik fosforik asit kullanmıştır (190). Azaltılmış polimerizasyon büzülmesine sahip kompozit materyallerin de ortaya çıkmasıyla 'Adeziv Dişhekimliği' çağına girilmiştir. 1960'lı yılların ortalarına gelindiğinde, bu yeni adeziv teknolojisini kullanan pit ve fissür örtücüler ve kompozit rezinler piyasaya sunulmuştur (252).

Fosforik asit kullanımı sonucu mine yüzeyinde mikroporoziteler oluştuğu, bu yapının içine rezinin penetre olarak 'prizma benzeri' rezin tagler oluşturduğu 1968 yılında Buonocore, Matsui ve Gwinnett tarafından yayınlanmıştır (253). Aynı yıllarda, asit ile pürüzlendirme sonucu minede adezyon sağlanabildiği gerekçesiyle Buonocore, asitleme yöntemini dentine uyarlama fikrini ortaya atmıştır (252).

1970'li yıllarda dentin adezyonuna engel olduğu düşünülen smear tabakası Eick tarafından taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile tanımlanmış olup, aynı dönemlerde

total etch yöntemi kullanılmaya başlanmıştır. Etch and rinse adezivlerin yaygın kullanımı 1980 yıllarında başlamıştır (254).

Rezinin asitle aşındırılmış dentine penetre olarak kollajen fibrilleriyle güçlü bir rezin matriks yapısı oluşturduğu 1982 yılında Nakabayashi tarafından keşfedilmiştir. Hibrit tabakası olarak adlandırılan bu tabaka, adeziv ajanların ana bağlanma mekanizması olarak kabul edilmiştir (255).

1990'lı yılların başında üç aşamalı adeziv sistemler tanıtılmıştır. Bu sistemler asit ve yıkama sonrası polimerizasyonun tamamlanması için hidrofobik rezin uygulaması öncesi hidrofilik primerler kullanılmasını sağlamaktadır (256).

Adezyonun temel prensibi, diş dokusundaki inorganik komponentin rezin materyal ile yer değiştirmesi esasına dayanmaktadır (257). Bu prensip iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama, diş dokusundan kalsiyum ve fosfatların uzaklaştırılarak mikroporozitelerin oluşturulmasını hedeflemektedir. İkinci aşama ise hibridizasyon fazı olarak da bilinen, birinci aşamada oluşturulmuş mikroporozitelerin içine rezin infiltrasyonunu ve polimerizasyonunu sağlayarak mikromekanik kilitlenmeyi amaçlamaktadır (251).

Adezivler, iki tabakayı birbirine bağlayan, genellikle visköz sıvı olan maddelerdir (258). Adezivlerin bağlanma prensiplerini anlayabilmek için, öncelikle içeriklerinden söz etmek gerekmektedir (259).

Asit: Total etch tekniğinde, mine ve dentin yüzeyini primer uygulamasına hazır duruma getirmek üzere %35-37'lik fosforik asit kullanılmaktadır. 7.5 mikron derinliğe kadar mikroporoziteler oluşturabilmekte ve mikromekanik bağlanmayı sağlayan rezin taglerin formasyonuna yardımcı olmaktadır. Self etch sistemlerde bulunan asit, aynı zamanda primer görevi gören asidik monomerlerdir.

Primer: Hidrofilik dentin dokusuna iyi bir penetrasyon sağlanabilmesi ve daha kuvvetli bir bağlanma dayanımı için suda çözülmüş solventlerle (aseton, etanol, su) birlikte taşınan hidrofilik monomerlerdir.

Dentin Bonding Ajansı (Dentin Adezivi): Primer uygulanmış dentin yüzeyi ile rezin materyal arasına uygulanıp bağlanmayı gerçekleştiren, çoğunlukla doldurucu içermeyen, ince bir ara katmandır. Bonding ajanları hidrofilik rezin primer ile

hidrofobik rezin materyal arasında köprü görevi görmektedirler. 7. jenerasyonda bulunan primer adezivler asidik monomerlerdir.

Doldurucular: Dayanıklılığı artırmak amacıyla 8. jenerasyon adeziv sistemlere eklenmiş nanodolduruculardır. Doldurucular, adeziv katmanının film kalınlığını artırabilmektedirler.

Çözücü: Aseton, etanol ve sudan oluşan çözücüler, uçuculuk özelliğine sahiptirler. Bundan dolayı çözücüler buharlaşmadan önce bonding ajanı diş sert dokusuna uygulanmış olmalıdır (259).

Diş hekimliğinde rezin esaslı materyallerin diş sert dokularına adezyonunda dört mekanizma bulunmaktadır (260).

Mekanik adezyon: Resinin mikroporozitelere penetre olması ve rezin taglerin oluşmasıyla sağlanan adezyon çeşididir.

Adsorpsiyon adezyonu: İnorganik yapıya (hidroksiapatit) veya organik yapıya (tip I kollajen) kimyasal bağlanma çeşididir.

Difüzyon adezyonu: Diş yüzeyine monomerlerin çökmesiyle oluşan, rezin monomerlerin dişe kimyasal veya mekanik olarak bağlandığı adezyon çeşididir.

Dördüncü adezyon çeşidinde ise ilk üçünün kombinasyonları gerçekleşmektedir (260).

Adezivler dişlere bir, iki veya üç aşamada uygulanabilmektedirler. Klinik uygulama basamaklarının yanısıra jenerasyonlarına göre de sınıflanabilmektedirler (257,261).

2.7.2. Dental Adezivlerin Jenerasyonlarına Göre Sınıflandırılması

Dental adezivler ilk olarak mine asitleme uygulamasıyla kullanılmaya başlayıp, teknolojiye ilerlemelerle total etch (4-5. Jenerasyonlar) ve self-etch (6-7-8. Jenerasyonlar) formları üretilmiştir. Her nesil, uygulama prosedürüne dahil olan şişe sayısını azaltma, uygulama basamaklarını en aza indirme, uygulama yöntemlerini hızlandırma ve daha güçlü bağlanma sağlamak amacıyla geliştirilmiştir.

Birinci Jenerasyon: Birinci nesil adeziv sistemler, yüzey aktif komonomeri gliserofosforik asit dimetakrilat (NPG-GMA) içermektedirler (262). Temel olarak rezin ile dentin kalsiyumu arasında şelat oluşumu ile sudan etkilenmeyen kimyasal bir bağ

kurmayı hedefleyen bu sistemlerin, dentine bağlanma dayanımı ve mekanik retansiyonu zayıf bulunmuştur (263).

İkinci Jenerasyon: Diş yapısındaki kalsiyuma bağlanmayı artırmak için BIS-GMA rezinlerin içerisine polimerize edilebilir fosfatlar eklenen ikinci nesil adeziv sistemlerin bağlanma mekanizması kalsiyum ve klorofosfat grupları arasında iyonik bağ oluşumu ile gerçekleşmektedir. Ancak bu iyonik bağ su ile temas ettiğinde hızla bozunarak ayrışmaya ve mikrosızıntıya neden olmaktadır (263,264). Dentin preparasyonu sırasında oluşan inorganik debris içeren smear tabakasını ortadan kaldırmayan bu sistemdeki adezivlerin kullanımı terk edilmiştir (265).

Üçüncü Jenerasyon: Üçüncü nesil dental adezivler, smear tabakasını modifiye etmek veya ortadan kaldırmak için dentinin aşındırılması prensibi ile çalışmaktadırlar. Dentin tübülleri açığa çıkan bu sistemde, asidin uzaklaştırılması sonrası bir primer yerleştirilmekte ve primer uygulama sonrası hem dentin hem mine üzerine doldurucu içermeyen rezin eklenmektedir (263). Doldurucu içermeyen rezinlerin smear tabakasına yeterince nüfuz edemediği düşünülmektedir (266).

Dördüncü Jenerasyon: 1990'larda tanıtılan dördüncü jenerasyon adeziv sistemler, smear tabakasını tamamen ortadan kaldırmayı hedeflemektedirler. Asit, primer ve bonding ajanının ayrı ayrı uygulamasıyla, üç aşamalı total etch tekniği ile kullanılmaktadırlar (263,267). Total etch tekniğinin esası, mine ve dentinin aynı anda 15-20 sn fosforik asit ile pürüzlendirilmesi ve asidin uzaklaştırılması sonrası yüzeylerin hafifçe kurutulması esasına dayanmaktadır. Bu teknikte, kollajen liflerinin çökmesini önlemek için kurutma sonrası yüzeyler hafif nemli bırakılmaktadır. Nemli yüzeye hidrofilik primer uygulaması ile hibrit tabakası oluşumu sağlanmaktadır (263,268). Teknik hassasiyet gerektirmeleri ve uygulama aşamalarının çok basamaklı olmaları nedeniyle, kullanımları basitleştirilmiş adeziv sistemlerin araştırmalarına devam edilmiştir (259).

Beşinci Jenerasyon: Dördüncü jenerasyondaki uygulama aşamalarını azaltma amacıyla üretilen beşinci nesil dental adeziv sistemler, tek şişe veya tek basamaklı olarak tanımlanmaktadırlar (259). %35 veya %37'lik fosforik asit ile mine ve dentinin pürüzlendirilmesi sonrası aynı şişe içinde bulunan adeziv ve primerin tek seferde uygulanması ile kullanılmaktadırlar. Tek şişe etch and rinse adezivler grubunda olan bu

jenerasyon, rezin tag ve hibrit tabakası oluşturarak dentine mekanik bağlanma sağlamaktadırlar (263,268).

Altıncı Jenerasyon: 2000'lerin başında 'self-etching primerler' (kendinden asitli primerler) olarak tanıtılan altıncı jenerasyon adezivler, asidik primer ve adeziv içeren iki şişeden oluşmaktadırlar. Asidik primer içeriği, mine ve dentini asitle pürüzlendirme aşamasını ortadan kaldırmaktadır. Altıncı jenerasyon adezivler, diş dokusuna primer uygulaması sonrası adeziv uygulamasıyla veya primer ve adezivin uygulama öncesinde karıştırılıp uygulanmasıyla kullanılabilirler (269). Total etch sistemlere göre diş dokusunun nem miktarından daha az etkilenmeleri bu sistemin bir avantajı olsa da mine dokusuna bağlanmaları, dentin dokusuna bağlanmalarına göre yeterli seviyede bulunmamaktadır (270). Mineyi pürüzlendirmek için gerekli pH'a sahip olmadığı düşünülen self etch adezivlerin uygulamaları öncesinde sadece mine yüzeyine fosforik asit uygulaması önerilmektedir. Dentine yapılacak olan ek pürüzlendirme, primer ajanın penetre olamayacağı kadar derin bir demineralize alan oluşmasına sebep olabilmektedir (268,270).

Yedinci Jenerasyon: Tek şişe self etch adeziv (all-in-one) sistemler olarak da bilinen yedinci jenerasyon adezivler, klinik uygulamayı kolaylaştırmak amacıyla piyasaya sunulmuşlardır. Tek aşamada uygulanabilen all-in-one sistemlerin kimyasal bileşenlerin hepsinin tek bir şişede toplanmış olması, solüzyonun uzun süre stabil kalmasını zorlaştırmaktadır (268,271). Ayrıca total etch sistemlere göre daha hidrofilik olmaları rezinin penetrasyon derinliğini sınırlamakta ve boşluk oluşumlarına sebep olabilmektedir (272). Bu dezavantajları ortadan kaldırmak amacıyla 'Universal' adezivler geliştirilmiştir (273). Universal adezivler, etch and rinse, self etch veya selektif etch yöntemleriyle kullanılabilirler. Ayrıca etch and rinse yöntemi ile nemli veya kuru dentin üzerine uygulanabilirler (274).

Sekizinci Jenerasyon: 2010 yılında, rezin monomerlerin penetrasyonunu ve hibrit tabakasının kalınlığını artırmak amacıyla bileşimine nanodoldurucu partiküller eklenen sekizinci jenerasyon adezivler tanıtılmıştır. Nanopartiküllerin boyutu, adezivin viskozitesini etkileyebilmektedir. Büyük partiküllerin adezivlerin viskozitesini artırması, çatlak oluşumuna ve bağlanma dayanımlarının azalmasına sebebiyet verebilmektedir (275,276).

2.7.3. Dental Adezivlerin Klinik Uygulama Yöntemlerine Göre Sınıflandırılması

‘Etch and Rinse’ Adeziv Sistemler (ER)

1955 yılında Buonocore’un mine pürüzlendirme işlemi için fosforik asit kullanımı, günümüzde halen altın standart olarak kabul edilmektedir (277). ER sistemlerde asitle pürüzlendirme işlemi ile mine dokusunda mikroporoziteler oluşturarak minenin yüzey alanını artırmak, mikroporozitelere rezin infiltrasyonu sonucu rezin tag oluşturmak ve oluşan rezin tagler ile mikromekanik bağlanmayı sağlamak amaçlanmaktadır (278,279). Bu bağlanma, asit uygulaması sonucu mine rodlarının selektif olarak çözündürülmesiyle oluşturulan mikroporozitelere, kapiller çekim yoluyla bağlayıcı ajanların penetrasyonu ile gerçekleşmektedir (279).

Üç aşamalı total etch adeziv sistemlerde; asit, primer ve adeziv, ayrı basamaklarda uygulanmaktadır. Her bir aşama ile restorasyon ve diş dokusu arasındaki yüzey hidrofobik adeziv ile kaplanarak hibrit tabakası oluşumu sağlanmaktadır (279).

İki aşamalı total etch adeziv sistemlerde ise, asit uygulaması ardından tek şişede birleştirilmiş olan primer ve adezivin tek seferde uygulanması söz konusudur. Uygulama basamak sayısının azlığı iki aşamalı total etch sistemlerin avantajı olsa da, üç aşamalı sistemlere kıyasla bazı dezavantajları bulunmaktadır (280). Bunlar; dentinde daha düşük infiltrasyon sağlanmasının sonucu olarak optimal altı hibridizasyon gözlenmesi, su absorpsiyonuna yatkın olan hidrofilik yapılarından dolayı hidrolitik bozunmaya karşı daha duyarlı olmaları ve içeriğindeki solventin buharlaşmasının zor olmasından dolayı solventin polimerizasyon sonrası adeziv tabakası içinde kalması olarak sıralanabilmektedirler (280,281).

‘Self Etch’ Adeziv Sistemler (SE)

Self etch adeziv sistemler, klinik uygulama kolaylığı sağlama, zaman tasarrufu ve ER sistemlerdeki asit uygulamasının getirdiği nem faktörüne karşı hassasiyeti azaltma amacıyla piyasaya sunulmuşlardır (282). İki aşamalı veya tek aşamalı olarak uygulanabilen SE adeziv sistemlerin temel bileşenleri, fosforik asitten daha yüksek pH’ya sahip asidik fonksiyonel monomerlerdir. 4-metakriloiloksietil trimetil anhidrat (4-META), 2-metakriloiloksietil fenil hidrojen fosfat (Phenyl-P) ve 10-metakriloiloksidesil dihidrojen fosfat (MDP) asidik fonksiyonel monomerleri, diş sert

dokularını demineralize ederek ve hidroksiapatit yapı ile kalsiyum arasında iyonik bir bağ kurarak ‘adezyon-dekalsifikasyon’ konseptini oluştururlar (283–287). Buna ek olarak, içerdikleri düşük molekül ağırlıklı, hidrofilik HEMA monomerleri, dentin yüzeyinin ıslanabilirliğini artırırken ayrıca yardımcı çözücü olarak görev alarak hidrofilik ve hidrofobik bileşenlerin solüsyona karışabilirliğini artırmaktadırlar (288).

İki aşamalı SE adeziv sistemler, primer ve asit içeren birinci şişenin kullanımının ardından hidrofobik rezin içeren ikinci şişenin uygulamasını gerektirmektedirler (289).

Tek aşamalı, ‘tek şişe’, ‘all-in-one’ veya 7. Jenerasyon SE adeziv sistemler; asidik fonksiyonel monomerleri, hidrofobik ve hidrofilik monomerleri, doldurucuları, hidrofobik rezini, su ve çözücüleri (aseton, etanol, butanol) tek bir solüsyon içerisinde bulundurmaktadırlar. Su ve asidik fonksiyonel monomerlerin birlikte bulunması, bu tür adezivlerin bağlanma dayanımlarını olumsuz yönde etkileyebilmektedir (289).

Tek aşamalı SE sistemlerin ana dezavantajları, hidrofilik yapıları sebebiyle substrattan su hareketine izin vermeleri, bunun sonucunda da restorasyon ile diş dokusu arasında küçük damlacıkların oluşumuna ve zaman içerisinde restorasyon ile diş sert dokusu arasındaki bağlanma kuvvetinin azalmasına sebebiyet verebilmeleri olarak bildirilmiştir (272,290–292).

Multimod (Universal) Adeziv Sistemler

2011 yılından itibaren klinik olarak kullanımları yaygınlaşmış olan ‘multimod’, ‘universal’ veya ‘çok amaçlı’ adeziv sistemler hem self etch (SE) hem de etch rinse (ER) modunda uygulanabilmektedirler. Ayrıca, minede selektif asit uygulaması ile mine dokusunda ER, dentin dokusunda SE formatında da kullanılabilirler (273,293). Universal adezivler, tek bir şişe adeziv ile, bir aşamalı SE veya iki aşamalı ER uygulaması opsiyonunu sunmaktadırlar (278).

SE formatında kullanılabilir olmaları; asidin uygulama, yıkama ve kurutma aşamalarında oluşabilecek iyatrojenik problemlerin oluşmasını önleyebilmektedir (294). Tek bir şişe adezivin farklı özellikteki substratlarda kullanımı (mine, sklerotik dentin vb.) söz konusu olduğundan, uygulandığı dokuya göre klinik kullanım formatı seçilmelidir (295). Özellikle aşındırılmamış mine dokusunda iki aşamalı ER sistemin tercih edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (296,297). Mine dokusunda SE formatında

kullanıldıklarında, düşük asiditelerinden dolayı fosforik asit kadar derin poroziteler oluşturmamaları ve ilerleyen dönemlerde restorasyon kenarlarında renklemeye sebep olabildikleri bildirilmiştir (298).

Universal adezivler, içerdikleri asit sebebiyle hidrofilik bir yapıya sahiptirler. Bu hidrofilik yapı su absorpsiyonuna sebep olabildiğinden, bozunmaları söz konusu olabilmektedir (298). Bundan dolayı uzun dönem performanslarına bakıldığında, üç aşamalı ER sistemlere göre bağlanma dayanımları düşük bulunmaktadır (299,300).

SE sistemlerle benzerliklerinin bulunmasının yanısıra universal adezivler, kimyasal yapılarında, dental substratlarla kimyasal ve mikromekanik bağ kurabilen monomerler içermektedirler (273,293). Bileşenlerindeki karboksilat ve fosfat monomerleri, hidroksiapatit kristallerindeki kalsiyum ile iyonik bağ oluşturabilmektedirler (278). Metakriloiloksidetil Dihidrojen Fosfat (MDP) monomeri, sadece bazı yeni nesil adezivlerin içeriğinde bulunan, hafif asitleme özelliklerine sahip hidrofilik bir monomerdir. Bu monomer, universal adezivlere ‘multimod’ asitleme olanağını sağlamaktadır. Kalsiyum ile birlikteliğinde oluşan çözünmeyen, kararlı MDP-Ca tuzları, değişen derecelerde ve kalitede adeziv nano katmanları arasında birikerek diş dokusu ile güçlü bir adezyon oluşturmaktadır (287,301). Ayrıca matriks içeriğindeki BIS-GMA, HEMA (hidrofilik monomer) ve D3MA (decandiol dimetakrilat/ hidrofobik monomer), hidrofobik rezin restorasyon ile hidrofilik diş dokusu arasında köprü oluşturma görevi görmektedir (302,303).

Universal adezivlerin hangi uygulama stratejisi formatında kullanılması gerektiği klinisyene bırakılmıştır. Mine veya sklerotik dentin gibi dokularda ER veya selektif mine asitlemesi; hasta inkooperasyonu, zaman kısıtlılığı veya çalışma bölgesinin darlığı gibi durumların varlığında SE modunun kullanımı önerilmektedir (259).

Cam İyonomer Adeziv Sistemler

Uygulanacağı yüzeyde herhangi bir ön işlem gerektirmeden kullanılabilen, self adeziv olan tek materyal cam iyonomerdir. Ancak klinik kullanım öncesi diş yüzeyine ek aşama olarak polikenoik asit uygulamasının bağlanma dayanımını artırdığı bildirilmektedir (304).

İki aşamalı olarak uygulanan cam iyonomer sistemlerde, 10-20 saniye polikenoik asit uygulaması ile diş sert dokusundan debris uzaklaştırılabilmekte, kısmi demineralizasyonun gerçekleştiği ve mikroporozitelerin olduğu alanda mikromekanik bağlanma gerçekleşebilmekte ve rezidüel hidroksiapatit ile kimyasal bağ kurulabilmektedir (305,306).

2.8. Mikrosızıntı

Çocuk diş hekimliğinde, pit ve fissür örtücü uygulamaları sırasında izolasyonun sağlanması büyük bir zorluk olarak karşımıza çıkmaktadır. İzolasyonun yeterince sağlanmadığı durumlarda; bakterilerin, oral sıvıların, moleküllerin veya iyonların diş sert dokuları ile fissür örtücü arasına sızması sonucu mikrosızıntı gerçekleşmektedir. Sekonder çürük oluşumu, renkleşme veya restorasyon kaybına sebep olabilen mikrosızıntı, fissür örtücülerin başarısızlığındaki en önemli faktör olarak nitelendirilmektedir (19). İzolasyonun sağlanmadığı durumlarda fissür örtücü uygulamasından önce dental adezivlerin kullanımı önerilebilmektedir. Mikrosızıntının oluşumundaki bir başka faktör, rezin substrat arasındaki bağlanma kuvvetinin azalmasıdır. İki aşamalı ER veya tek aşamalı SE adeziv sistemlerin kullanımlarında ilerleyen dönemlerde bozunmaya sebep olarak su absorpsiyonu gerçekleşebildiği bildirilmiştir (307–309).

In vitro mikrosızıntı çalışmalarında, ağız ortamını taklit etmek amacıyla örnekler termal siklus uygulanabilmekte veya mekanik olarak yükleme yapılabilmektedir (310).

2.8.1. Mikrosızıntının Değerlendirilmesinde Kullanılan Yöntemler

Günümüzde mikrosızıntının değerlendirilmesinde ideal ve güvenilir olarak tanımlanmış bir yöntem olmamasıyla beraber, boya penetrasyonu, radyoaktif izotop, asetat soyma ve bakteriyel penetrasyon teknikleri, kimyasal ajanların kullanımı, elektrokimyasal yöntemler ve elektron mikroskobu gibi üç boyutlu görüntüleme yöntemleri kullanılabilmektedir (311,312).

Boya Penetrasyon Testi

Restorasyon uygulanmış dişin boyar maddeye daldırılarak, rezin materyal ile diş sert dokusu arasındaki mikrosızıntı gerçekleşmiş bölgelerde renklenme gözlenmesi esasına dayanan boya penetrasyon testi, mikrosızıntının değerlendirilmesinde en sık

kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde, %0.5'lik bazik fuksin, %2'lik metilen mavisi ve %50'lik gümüş nitrat, boyar madde olarak en sık tercih edilen materyallerdir (313). Ayrıca eritrosin (%2), Rodamin B (%0.2), toluidin mavisi (%0.25), anilin mavisi (%2), kristal viyole (%0.05) ve floresan (%2-20) boya ları da kullanılabilmektedir (314,315).

Boya penetrasyon testi, öncesinde örneklerin incelenmeyecek bölgelerinin tırnak cilası gibi bir izole edici madde ile kapatılması, uygun koşullarda ve sürede örneklerin boyar madde içerisinde bekletilmesi, solüsyondan çıkarılan örneklerin su ile yıkanması ve ardından örneklerin incelenmesi esasına dayanmaktadır (314,315). Örnek incelemesi şeffaflaştırma, kesit alma veya volumetrik ölçüm yöntemi ile yapılabilmektedir (312).

Ölçümlerin hızlı olması, boyaların ucuz olması, tekniğin kimyasal reaksiyon veya radyasyon içermemesi, bu yöntemin avantajları arasında belirtilmektedir (316). Ancak üç boyutta gerçekleşen mikrosızıntının iki boyutta incelenebilmesi ve bölgesel sızıntı yoğunluğundaki farklılıkların tespit edilememesi gibi dezavantajları da bulunmaktadır (312,316).

Radyoizotop Yöntemi

Mikrosızıntı değerlendirmede boya penetrasyonundan sonra en sık tercih edilen yöntem olan radyoizotop yöntemi, radyoizotopların dış sert dokuları ile restorasyon arasından geçişini radyografilerle görüntüleyen bir metottur. Bu yöntemde Ca, I, S, Na, P, Rb, C izotopları sıklıkla kullanılmaktadırlar.

40 mikrondan daha büyük boşluklara penetre olabilen izotoplar, küçük partikül boyutları sayesinde bakteri ve boya penetrasyonu testlerine göre daha detaylı sonuçlar verebilmektedirler. Ancak bu yöntemin radyasyon kullanımı gerektirmesi ve çekilen radyografilerden üç boyutlu görüntü elde edilememesi gibi dezavantajları bulunmaktadır (317,318).

Asetat Soyma Tekniği

Dış sert dokularını incelemek amacıyla asitlenmiş dış yüzeyinden ardışık kopya elde etmek için geliştirilmiş bir yöntemdir. Asetat filmler, dış yapısının genel görünümünü ve arayüzdeki mikrosızıntıyı mikron ölçeğinde bir çözünürlükte yansıtabilmektedirler (319).

Asetat soyma tekniğinin ucuz, kolay ve hızlı sonuç veren bir yöntem olduğu ve kullanılan taneciklerin tekrar kullanılabileceği bildirilmiştir. Ancak taneciklerin

incelenen yüzeyde defekt oluşturabilmeleri ve sonuçların yanlış yorumlanma ihtimali vardır (320).

Bakteriyel Penetrasyon Yöntemi

Restorasyon kenarlarından sızan bakteri ürünlerinin ve toksinlerinin incelenmesi esasına dayanan bu yöntemde, hazırlanan örnekler gram pozitif ve gram negatif bakterilerin bulunduğu kültür ortamına belirli bir inkübasyon periyodu boyunca yerleştirilerek, solüsyonda meydana gelen renk değişikliği gözlemlenmektedir. Sonuçların sayısal olarak elde edilememesi tekniğin dezavantajıdır. Ayrıca restorasyon ile diş arasındaki mesafenin bakteri çapından daha küçük ($<0,5-1 \mu\text{m}$) olduğu durumlarda kullanımı mümkün olmamaktadır (321,322). Boya penetrasyon testinde kullanılan boyar maddelerin çaplarının bakterilerden daha küçük olmaları ve bakteri toksinleriyle yaklaşık olarak aynı çapa sahip olmaları sebebiyle, boya penetrasyon testlerinin bakteri penetrasyon testlerine göre daha gerçekçi sonuçlar verdiği bildirilmiştir (323).

Kimyasal Ajanların Kullanımı

Radyoaktif olmayan kimyasal ajanların kullanımında, küçük molekül boyutlarına sahip iki renksiz ajanın, materyal ile diş yüzeyi arasına penetre olarak opak bir görüntü oluşturması ve bu sayede marjinal renkleşme ve mikrosızıntının belirlenmesi hedeflenmiştir. %50'lik gümüş nitrat bu amaçla kullanılmaktadır (321).

Yöntemin radyoaktif olmaması avantajı olarak, sonuçların subjektif olması ise dezavantajı olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca gümüş nitratin cam iyonomer ve amalgam restorasyonlarda kullanımının mikrosızıntı değerlendirmede uygun olmadığı; cam iyonomer restorasyonlarda gümüş iyonların yapıya katıldığı, amalgam restorasyonlarda ise yapıda var olan gümüş iyonlarıyla etkileşime geçtiği bildirilmiştir (324).

Elektrokimyasal Yöntemler

Güç kaynağına bağlı elektrolit içerisindeki iki ayrı metal parça arasında oluşan elektrik akımının ölçülmesi esasına dayalı bir yöntemdir. Bu yöntemde, hazırlanan örnek restorasyon ile temas halinde olacak şekilde diş kökünden izole edildikten sonra üzerine elektrod yerleştirilerek fizyolojik solüsyona daldırılır ve elektrik akımı uygulanır. Bu sayede elektrokimyasal ortamda örnek içinden geçen alternatif akım

ölçülerek mikrosızıntı değeri belirlenebilmektedir. Örnekler zarar görmediği müddetçe, sayısal ölçümler tekrarlanabilmektedir. Daha çok kök kanalında meydana gelen sızıntıların değerlendirilmesinde tercih edilmektedir. Metal restorasyonlarda uygulanması mümkün olmamaktadır (325,326).

SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Analizi

Diğer mikrosızıntı değerlendirme yöntemleriyle beraber kullanılarak sonuçların doğrulanması veya boya penetrasyonu testi sonrası mikroskop altında restorasyon ile kavite duvarı arasındaki kenar uyumunun değerlendirilmesi amacıyla kullanılabilir. SEM incelemesi için örneklerden kesit alınırken örneklerde boşluk oluşması, inceleme sırasında yanlış sonuçlar verebilmektedir (321).

Çocuk hastalarda diş çürüğü prevelansının yüksek olduğu ülkemizde, fissür örtücü uygulamaları koruyucu diş hekimliğinin önemli basamaklarından birini oluşturmaktadır. Fissür örtücülerin diş çürüğünden korunma anlamında önemli etkileri olmakla birlikte, başlangıç çürüğü lezyonlarında da diş çürüğünün durdurulması ya da remineralizasyonunda önemli katkılar sağlayabilmektedir. Fissür örtücü uygulamalarının, başlangıç çürüğünün remineralizasyonu konusunda klinik başarı sağlayabilmesi birçok faktöre bağlı olmakla birlikte, kullanılan materyallerin içeriği ve uygulama basamakları da önemli etkiler oluşturmaktadır. Bu çalışma, çocuk hastalarda sık karşılaştığımız, fissürlerde yer alan başlangıç çürük lezyonlarının remineralizasyonu konusuna katkı sağlamak amacıyla planlanmıştır.

Bu bilgiler ışığında bu çalışmada, demineralize diş yüzeyine uygulanan mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücünün, tek başına ve etch and rinse modunda universal adezivle birlikte kullanımının mikrosızıntı üzerine etkisini değerlendirmek; akıllı kapsül teknolojisinin iyon salınımı özelliği ile demineralize diş yüzeyinde meydana getirdiği remineralizasyonu elektron mikroskobu ile incelemek; elemental analiz yöntemiyle fissür örtücünün meydana getirdiği yüzeyaltı remineralizasyon derinliğinin ve adeziv kullanımının remineralizasyona olan etkisinin belirlenmesi ve bu etkilerin geleneksel rezin içerikli fissür örtücü ile kıyaslanması amaçlanmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı ve Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Görüntüleme Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Çalışma için gerekli olan etik kurul onayı, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 02/07/2020 tarihli 93 sayılı toplantısında 2020/39 dosya numarası ve 484 sayı numarası ile alınmıştır.

Bu çalışma, çekilmiş insan 3. büyük azı dişlerinde demineralizasyon alanları oluşturularak gerçekleştirilmiş olup, mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücünün demineralize mine üzerinde mikrosızıntı ve remineralizasyona olan etkisi tek başına ya da adeziv ile birlikte kullanımı ile incelenmiş; bu etkisi geleneksel rezin içerikli fissür örtücü ile kıyaslanmıştır.

Örneklem Analizi:

Mikrosızıntı ve remineralizasyon deneyleri için oluşturulan ayrı grupların örneklem sayıları G Power 3.0 programı ile belirlenmiştir. Mikrosızıntı deney grupları için Prabakar J ve ark. (2018)'nin çalışmalarındaki veriler kullanılarak yapılan hesaplamada etki büyüklüğünün $d:1,168$ olacağı varsayılmıştır. Etki büyüklüğü %80 güç, %5 hata payıyla belirlenmiş ve iki yönlü istatistiksel anlamlılık için yapılan hesaplamada her bir grup için 10 örnek olmak üzere toplam 40 örneklem ile çalışılması gerektiği belirlenmiştir. Remineralizasyon deney grupları için Memarpour M ve ark. (2019)'nin çalışmalarındaki veriler kullanılarak yapılan hesaplamada etki büyüklüğünün $d:0,845$ olacağı varsayılmıştır. Etki büyüklüğü %80 güç, %5 hata payıyla belirlenmiş ve iki yönlü istatistiksel anlamlılık için yapılan hesaplamada her bir grup için 5 adet diş olmak üzere toplam 10 adet diş ve 40 örneklem ile çalışılması gerektiği belirlenmiştir. Çalışmanın tamamı için gereken diş sayısı 50 olarak saptanmıştır.

Deneyin kurgusu:

Mikrosızıntı deneyleri için elde edilen 40 adet diş, demineralizasyon prosedürü sonrasında, her grupta 10'ar diş olacak şekilde 4 ayrı gruba (B1, B2, C1, C2) ayrılmıştır. B1 grubuna mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücü, B2 grubuna adeziv ve mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücü, C1 grubuna geleneksel rezin içerikli fissür

örtücü, C2 grubuna adeziv ve geleneksel rezin içerikli fissür örtücü uygulamaları yapılmıştır. Deneyler için hazırlanmış olan dişlere termal siklus uygulandıktan sonra boya penetrasyon testleri yapılmıştır. Boyar maddeden çıkarılan dişlerden kesitler alınarak, her diştten 4'er adet yüzey elde edilmiş olup; bu yüzeylerde belirlenen mikrosızıntı değeri, stereomikroskop altında Williams ve Winter Skorlaması'na göre verilmiştir.

Remineralizasyon deneyleri için elde edilen 10 adet dişin bukkal ve lingual yüzeylerinde 2'şer adet olmak üzere, her dişte toplam 4 adet pencere oluşturulmuş ve pencereler numaralandırılmıştır. 1 numaralı pencerelere herhangi bir işlem uygulanmamış olup, pozitif kontrol grupları olarak belirlenmiştir. 2 numaralı pencerelere ise sadece demineralizasyon prosedürü uygulanmış olup, negatif kontrol grupları olarak belirlenmiştir. Demineralizasyon prosedürü sonrası dişler, her grupta 5'er diş olacak şekilde iki gruba (B ve C) ayrılmıştır. B grubunun 3 numaralı pencerelerine mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücü, 4 numaralı pencerelerine adeziv ve mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücü; C grubunun 3 numaralı pencerelerine geleneksel rezin içerikli fissür örtücü, 4 numaralı pencerelerine adeziv ve geleneksel rezin içerikli fissür örtücü uygulamaları gerçekleştirilmiştir ve ardından diş örneklerine 30 günlük dinamik pH siklusu uygulanmıştır. Dinamik pH siklusu tamamlanan diş örneklerinin bukkal ve lingual yüzeylerindeki pencerelerden bukkolingual yönde kesiler alınarak, kalınlığı minimum 1mm olan kesitler elde edilmiştir. Uygulanan fissür örtücülerin remineralizasyon etkinliklerini belirlemek amacıyla, diş kesitlerinin mine dış yüzeyinden dentin yönüne doğru 0 µm, 5 µm, 10 µm, 15 µm ve 20 µm derinliklerinde SEM/EDX analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.1. Çalışma İçin Gerekli Olan Dişlerin Elde Edilmesi

Çalışma, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'ne başvuran, 20-40 yaş aralığındaki, sistemik hastalığı bulunmayan kadın ve erkek hastalardan çekilen 50 adet üçüncü büyük azı dişleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya gönüllü olarak katılmayı kabul eden hastalara bilgilendirilmiş onam formu imzalatılmıştır.

Ağrı, hassasiyet, yer darlığı, periodontal sorun gibi sebeplerle çekim endikasyonu bulunan; çürük, kırık, çatlak oluşumları gözlenmeyen sürmüş yirmi yaş dişleri çalışmaya dahil edilmiştir. Elde edilen dişlerin üzerindeki yumuşak doku artıkları çekimden hemen sonra bistüri yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Çekilmiş dişler, %4

formaldehit içeren solüsyonda 48 saat bekletildikten sonra salin solüsyonuyla yıkanıp, en fazla bir ay içinde kullanılmak üzere +4°C’de %1’lik timol solüsyonunda bekletilmiştir (Şekil 3-1).



Şekil 3-1: Çalışma için toplanan dişlerin bekletildiği formaldehit ve timol solüsyonları

Deneyler için yeterli diş sayısı elde edildikten sonra toplanmış olan tüm dişler timol solüsyonundan çıkartılıp, flor içermeyen cila patıyla temizlenmiştir ve ardından 15 sn su altında yıkanıp; 10 sn yağsız ve susuz hava spreyi ile kurutulmuştur. Kurutulmuş dişlerin üzerinde çürük, çatlak vb. oluşumların bulunmadığı stereomikroskop (Olympus SZX-7) altında teyit edilmiştir. Çalışma kriterlerine uygun olan dişler rastgele mikrosızıntı ve remineralizasyon deneyleri için gruplara ayrılmıştır.

3.2. Mikrosızıntı Deneyleri

3.2.1. Dişlerin Demineralize Edilmesi

Mikrosızıntı deneyleri için yapılan istatistiksel değerlendirme sonucu gerekli olan diş sayısı 40 adet olarak belirlenmiştir. Diş seçimi, toplanan dişlerin arasından rastgele yapılmıştır. Seçilen dişlerde demineralizasyon işlemi öncesi ve sonrası değişimlerin saptanabilmesi amacıyla lazer floresans (KaVo DIAGNOdent) cihazı kullanılmıştır.

Lazer floresans (LF) cihazının kalibrasyonu sağlandıktan sonra cihazın ucu, kurutulmuş dişlerin oklüzal yüzeylerinde gezdirilerek dişlerin başlangıç LF değerleri belirlenmiştir (Şekil 3-2). DIAGNOdent cihazının kullanım kılavuzuna göre ‘0-14’

değer aralığında bulunan, mine çürüğü bulunmadığı kabul edilen 40 adet diş çalışmaya dahil edilmiştir.



Şekil 3-2: DIAGNOdent cihazı ile dişlerin başlangıç LF değerlerinin belirlenmesi

Mine yüzeylerinin demineralizasyonu için dişler; 8,7 mmol/L CaCl_2 , 8,7 mmol/L KH_2PO_4 , NaF'den elde edilen 0,05 ppm F ve 75 mmol/L asetik asit içeren (pH:4) asidik solüsyonda inkübatörde 37°C 'de 72 saat bekletilmiştir (Şekil 3-3).



Şekil 3-3: Dişlerin demineralizasyon aşamasında bekletildiği inkübatör cihazı

Solüsyondan çıkartılan dişler su altında yıkanıp, yağsız susuz hava spreyi ile kurutulmuştur. Oklüzal yüzeylerde oluşturulan demineralizasyon yüzeyleri DIAGNOdent ile değerlendirilmiştir. Elde edilen değerler '15-20' skor aralığında bulunmuştur (Şekil 3-4). DIAGNOdent kullanım kılavuzuna göre bu değerler histolojik olarak minede çürük varlığını ifade etmektedir.



Şekil 3-4: Demineralize edilmiş dişlerin LF değerlerinin belirlenmesi

3.2.2. Çalışma Gruplarının Oluşturulması

Demineralize edilmiş 40 diş, her grupta 10'ar diş olacak şekilde rastgele 4 gruba (B1, B2, C1, C2) ayrılmıştır.

3.2.2.1. B1 Grubuna Mikrokapsül İçerikli Biyoaktif Fissür Örtücünün (BioCoat) Uygulanması

Dişlerin oklüzal yüzeylerine 30 saniye boyunca %35'lik fosforik asit (3M Scotchbond Universal Etchant, Almanya) uygulaması yapılmıştır (Şekil 3-5). Asit uygulaması sonrası oklüzal yüzeyler 30 saniye su ile yıkanıp, 15 sn (opak yüzey görülene dek) yağsız ve susuz hava spreyi ile kurutulmuştur.



Şekil 3-5: Asit uygulama aşamasında kullanılan %35'lik fosforik asit (3M Scotchbond Universal Etchant, Almanya)

Yüzey pürüzlülüğü elde edilmiş olan fissürlere mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücü (BioCoat, Premier Dental Products, ABD) uygulandıktan sonra aplikatör ucu yardımıyla materyalin fissürlere yayılması sağlanmıştır (Şekil 3-6).



Şekil 3-6: B1 grubunda kullanılan mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücü (BioCoat, Premier Dental Products, ABD)

Fissür örtücünün polimerizasyonu 20 saniye süre ile LED ışık cihazı (1200 mW/cm², 3M ESPE Elipar Deep Cure-S LED Light) ile sağlanmıştır. Deneyler için hazırlığı tamamlanmış olan dişler, distile suda 24 saat boyunca 37°C'de inkübatörde bekletilmiştir.

3.2.2.2. B2 Grubuna Adeziv ve Mikrokapsül İçerikli Biyoaktif Fissür Örtücünün (BioCoat) Uygulanması

Dişlerin oklüzal yüzeylerine 30 saniye boyunca %35'lik fosforik asit (3M Scotchbond Universal Etchant, Almanya) uygulaması yapılmıştır. Asit uygulaması sonrası oklüzal yüzeyler 30 saniye su ile yıkanıp, 15 sn (opak yüzey görülene dek) yağsız ve susuz hava spreyi ile kurutulmuştur.

Yüzey pürüzlülüğü elde edilmiş olan fissürlere 20 saniye boyunca adeziv (3M ESPE Single Bond Universal Adhesive, Almanya) uygulanmıştır (Resim 3-7). Yüzeylere 5 saniye boyunca hava spreyi uygulandıktan sonra 20 saniye süreyle LED ışık cihazı (1200 mW/cm², 3M ESPE Elipar Deep Cure-S LED Light) kullanılarak adezivin polimerizasyonu sağlanmıştır.



Şekil 3-7: B2 grubundaki dişlere uygulanan bonding ajanı (3M ESPE Single Bond Universal Adhesive, Almanya)

Adeziv uygulanmış fissürlere mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücü (BioCoat, Premier Dental Products, ABD) uygulandıktan sonra aplikatör ucu yardımıyla materyalin fissürlere yayılması sağlanmıştır. Fissür örtücünün polimerizasyonu 20 saniye süre ile LED ışık cihazı (1200 mW/cm², 3M ESPE Elipar Deep Cure-S LED Light) ile sağlanmıştır. Deneyler için hazırlığı tamamlanmış olan dişler, distile suda 24 saat boyunca 37°C'de inkübatörde bekletilmiştir.

3.2.2.3. C1 Grubuna Geleneksel Rezin İçerikli Fissür Örtücünün (Clinpro) Uygulanması

Dişlerin oklüzal yüzeylerine 30 saniye boyunca %35'lik fosforik asit (3M Scotchbond Universal Etchant, Almanya) uygulaması yapılmıştır. Asit uygulaması

sonrası oklüzal yüzeyler 30 saniye su ile yıkanıp, 15 sn (opak yüzey görülene dek) yağsız ve susuz hava spreyi ile kurutulmuştur.

Yüzey pürüzlülüğü elde edilmiş olan fissürlere geleneksel rezin içerikli fissür örtücü (Clinpro, 3M ESPE, Almanya) uygulandıktan sonra aplikatör ucu yardımıyla materyalin fissürlere yayılması sağlanmıştır (Şekil 3-8).



Şekil 3-8: C1 grubundaki dişlere uygulanan geleneksel rezin içerikli fissür örtücü (Clinpro, 3M ESPE, Almanya)

Fissür örtücünün polimerizasyonu 20 saniye süre ile LED ışık cihazı (1200 mW/cm², 3M ESPE Elipar Deep Cure-S LED Light) uygulanarak sağlanmıştır. Deneyler için hazırlığı tamamlanmış olan dişler, distile suda 24 saat boyunca 37°C’de inkübatörde bekletilmiştir.

3.2.2.4. C2 Grubuna Adeziv ve Geleneksel Rezin İçerikli Fissür Örtücünün (Clinpro) Uygulanması

Dişlerin oklüzal yüzeylerine 30 saniye boyunca %35’lik fosforik asit (3M Scotchbond Universal Etchant, Almanya) uygulaması yapılmıştır. Asit uygulaması sonrası oklüzal yüzeyler 30 saniye su ile yıkanıp, 15 sn (opak yüzey görülene dek) yağsız ve susuz hava spreyi ile kurutulmuştur.

Yüzey pürüzlülüğü elde edilmiş olan fissürlere 20 saniye boyunca adeziv (3M ESPE Single Bond Universal Adhesive, Almanya) uygulanmıştır. Yüzeylere 5 saniye boyunca hava spreyi uygulandıktan sonra 20 saniye süreyle LED ışık cihazı (1200 mW/cm², 3M ESPE Elipar Deep Cure-S LED Light) kullanılarak adezivin polimerizasyonu sağlanmıştır.

Adeziv uygulanmış fissürlere geleneksel rezin içerikli fissür örtücü (Clinpro, 3M ESPE, Almanya) uygulanarak, aplikatör ucu yardımıyla materyalin fissürlere yayılması sağlanmıştır. Fissür örtücünün polimerizasyonu 20 saniye süre ile LED ışık cihazı (1200 mW/cm², 3M ESPE Elipar Deep Cure-S LED Light) ile sağlanmıştır. Deneyler için hazırlığı tamamlanmış olan dişler, distile suda 24 saat boyunca 37°C’de inkübatörde bekletilmiştir.

3.2.3. Çalışma Gruplarına Termal Siklus Uygulanması

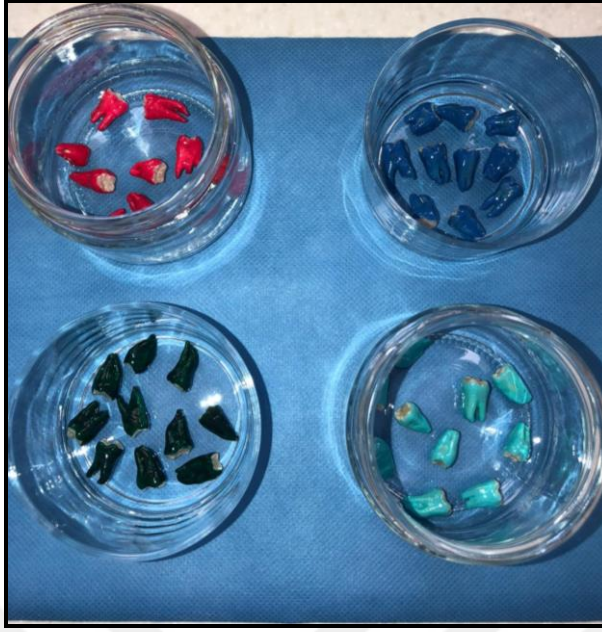
Fissür örtücü uygulanmış olan dişlere, inkübasyon zamanı 30 saniye, transfer zamanı 15 saniye olacak şekilde 5°C ve 55°C’lik banyolarda, toplam 5000 devirlik termal siklus uygulanmıştır (Şekil 3-9).



Şekil 3-9: Termal siklus cihazı

3.2.4. Boya Penetrasyon Testi

Termal siklus sonrası, boya penetrasyonunu önlemek amacıyla dişlerin kökleri kompozit rezinle kapatılmıştır. Dişlere uygulanmış olan fissür örtücülerin çevresinde 1'er mm mesafe kalacak şekilde dişler iki kat tırnak cilası ile kaplandıktan sonra %0.5'lik bazik fuksin solüsyonunda oda sıcaklığında 24 saat süre ile bekletilmiştir (Şekil 3-10) (Şekil 3-11). Solüsyondan çıkartılan dişler 30 saniye boyunca su altında yıkanmış ve skorlanmak üzere ayrılmıştır.



Şekil 3-10: Deney gruplarındaki dişlerin ayrı ayrı tırnak cilası ile kaplanması



Şekil 3-11: Deney gruplarındaki dişlerin bazik fuksin solüsyonunda bekletilmesi

3.2.5. Mikrosızıntı Deneylerinin Skorlanması

Her dişten düşük hızlı elmas testere ile (IsoMet 1000, Buehler Inc., UK) bukkolingual yönde 2'şer kesi (minimum 1mm kalınlıkta) alınarak 4'er adet yüzey elde edilmiştir (Şekil 3-12). Yüzeyler 20x büyütme ile stereomikroskop (Olympus SZX-7) altında incelenerek **Williams ve Winter Skorlaması'na** göre tek bir araştırmacı tarafından puanlanmış ve kayıt edilmiştir (Tablo 3-1).



Şekil 3-12: Dişleri kesmek için kullanılan düşük hızlı elmas testere cihazı (IsoMet 1000, Buehler Inc., UK)

Tablo 3-1: Williams ve Winter Skorlaması (327)

Skor	Boya penetrasyonu
0	Diş yüzeyi ile fissür örtücü arasında hiç boya penetrasyonu yok
1	Diş yüzeyi ile fissür örtücü arasındaki yüzey uzunluğunun 1/3'ünden daha azında boya penetrasyonu varlığı
2	Diş yüzeyi ile fissür örtücü arasındaki yüzey uzunluğunun 1/3'ünden daha fazla, 2/3'ünden daha azında boya penetrasyonu varlığı
3	Diş yüzeyi ile fissür örtücü arasındaki yüzey uzunluğunun 2/3'ünden daha fazlasında boya penetrasyonu varlığı

3.3. Remineralizasyon Deneyleri

3.3.1. Dişlerin Hazırlanması

Remineralizasyon deneyleri için yapılan istatistiksel değerlendirme sonucu gerekli olan diş sayısı 10 adet olarak belirlenmiştir. Diş seçimi, toplanan dişlerin arasından rastgele yapılmıştır.

Zımparalama ve parlatma cihazı (Buehler Inc., UK) ile dişlerin bukkal ve lingual mine yüzeyleri düzleştirilmiştir (Şekil 3-13).



Şekil 3-13: Zımparalama ve parlatma cihazı (Buehler Inc., UK)

Bukkalde 2 adet, lingualde 2 adet olacak şekilde, (2mm x 2mm)'lik toplam 4 adet pencere mine yüzeyinde açıkta bırakılarak, dişin dış yüzeyleri tırnak cilası ile kaplanmıştır (Şekil 3-14).



Şekil 3-14: Dişlerin bukkal ve lingual yüzeylerinde 4'er adet pencere oluşturulması

4 adet pencere 1,2,3,4 sayılarıyla numaralandırılmıştır. 1 numaralı pencereler, demineralizasyon prosedürü öncesinde farklı renkteki bir tırnak cilası ile kapatılmıştır. Cila ile kapatılmış olan bu pencereler, deneylerde pozitif kontrol grubu olarak kullanılmıştır.

3.3.2. Dişlerin Demineralize Edilmesi

Yüzeyleri açığa bırakılan 2,3 ve 4 numaralı pencereler, demineralize edilmiştir. Mikrosızıntı deneylerinde kullanılan demineralizasyon prosedürüyle aynı olacak şekilde dişler; 8,7 mmol/L CaCl_2 , 8,7 mmol/L KH_2PO_4 , NaF'den elde edilen 0,05 ppm F ve 75 mmol/L asetik asit içeren (pH:4) asidik solüsyonda inkübatörde 37°C'de 72 saat bekletilmiştir. Solüsyondan çıkartılan dişler su altında yıkanıp, yağsız susuz hava spreyi ile kurutulmuştur. 2 numaralı pencereler, demineralizasyon prosedürü sonrasında tırnak cilası ile kapatılmıştır. Demineralize edilmiş ve başka hiçbir materyal uygulanmamış olan bu pencereler, deneylerde negatif kontrol grubu olarak kullanılmıştır. 3 numaralı pencerelere ilgili deney grubuna göre fissür örtücüler, 4 numaralı pencerelere ise adeziv ile birlikte fissür örtücü uygulamaları yapılmıştır.

3.3.3. Çalışma Gruplarının Oluşturulması

Remineralizasyon deneyleri için toplam 10 diş, her grupta 5 diş olacak şekilde rastgele 2 gruba (**B**: Biocoat, **C**: Clinpro) ayrılmıştır.

3.3.3.1. B Grubu

Tırnak cilası ile kapatılmamış olan 3 numaralı pencerelere 30 saniye boyunca %35'lik fosforik asit (3M Scotchbond Universal Etchant, Almanya) uygulaması yapılmıştır. Asit uygulaması sonrası, pencere yüzeyleri 30 saniye su ile yıkanmıştır. Açığıtaki mine yüzeyleri, yıkama sonrasında 15 sn yağsız ve susuz hava spreyi ile kurutulmuştur. Mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücü (BioCoat, Premier Dental Products, ABD), 3 numaralı pencere sınırları dahilinde uygulandıktan sonra 20 saniye süre ile LED ışık cihazı (1200 mW/cm^2 , 3M ESPE Elipar Deep Cure-S LED Light) ile polimerize edilmiştir.

Tırnak cilası ile kapatılmamış olan 4 numaralı pencerelere 30 saniye boyunca %35'lik fosforik asit (3M Scotchbond Universal Etchant, Almanya) uygulaması yapılmıştır. Asit uygulaması sonrası, pencere yüzeyleri 30 saniye su ile yıkanmıştır. Açığıtaki mine yüzeyleri, yıkama sonrasında 15 sn yağsız ve susuz hava spreyi ile kurutulmuştur. Yüzey pürüzlülüğü elde edilmiş olan 4 numaralı pencerelere, 20 saniye boyunca adeziv (3M ESPE Single Bond Universal Adhesive, Almanya) uygulanmıştır. Yüzeylere 5 saniye boyunca hava spreyi uygulandıktan sonra 20 saniye süreyle LED ışık cihazı (1200 mW/cm^2 , 3M ESPE Elipar Deep Cure-S LED Light) kullanılarak adezivin polimerizasyonu sağlanmıştır. Mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücü

(BioCoat, Premier Dental Products, ABD), 4 numaralı pencere sınırları dahilinde uygulandıktan sonra 20 saniye süre ile LED ışık cihazı (1200 mW/cm², 3M ESPE Elipar Deep Cure-S LED Light) ile polimerize edilmiştir.

3.3.3.2. C Grubu

Tırnak cilası ile kapatılmamış olan 3 numaralı pencerelere 30 saniye boyunca %35'lik fosforik asit (3M Scotchbond Universal Etchant, Almanya) uygulaması yapılmıştır. Asit uygulaması sonrası, pencere yüzeyleri 30 saniye su ile yıkanmıştır. Açığıtaki mine yüzeyleri, yıkama sonrasında 15 sn yağsız ve susuz hava spreyi ile kurutulmuştur. Geleneksel rezin içerikli fissür örtücü (Clinpro, 3M ESPE, Almanya), 3 numaralı pencere sınırları dahilinde uygulandıktan sonra 20 saniye süre ile LED ışık cihazı (1200 mW/cm², 3M ESPE Elipar Deep Cure-S LED Light) ile polimerize edilmiştir.

Tırnak cilası ile kapatılmamış olan 4 numaralı pencerelere 30 saniye boyunca %35'lik fosforik asit (3M Scotchbond Universal Etchant, Almanya) uygulaması yapılmıştır. Asit uygulaması sonrası, pencere yüzeyleri 30 saniye su ile yıkanmıştır. Açığıtaki mine yüzeyleri, yıkama sonrasında 15 sn yağsız ve susuz hava spreyi ile kurutulmuştur. Yüzey pürüzlülüğü elde edilmiş olan 4 numaralı pencerelere, 20 saniye boyunca adeziv (3M ESPE Single Bond Universal Adhesive, Almanya) uygulanmıştır. Yüzeylere 5 saniye boyunca hava spreyi uygulandıktan sonra 20 saniye süreyle LED ışık cihazı (1200 mW/cm², 3M ESPE Elipar Deep Cure-S LED Light) kullanılarak adezivin polimerizasyonu sağlanmıştır. Geleneksel rezin içerikli fissür örtücü (Clinpro, 3M ESPE, Almanya), 4 numaralı pencere sınırları dahilinde uygulandıktan sonra 20 saniye süre ile LED ışık cihazı (1200 mW/cm², 3M ESPE Elipar Deep Cure-S LED Light) ile polimerize edilmiştir.

Hazırlanan deney gruplarına, ağız ortamının taklit edilmesi amacıyla hazırlanan 30 günlük dinamik pH siklusu uygulanmıştır.

3.3.4. Dinamik pH Siklusu

Dinamik pH siklusunun içerdiği solüsyonlar aşağıdaki gibidir.

Demineralizasyon Solüsyonu:

3 mmol/L CaCl₂, 1,8 mmol/L K₂HPO₄, 0,1 mol/L laktik asit, %1 karboksimetilselüloz. (pH:4)

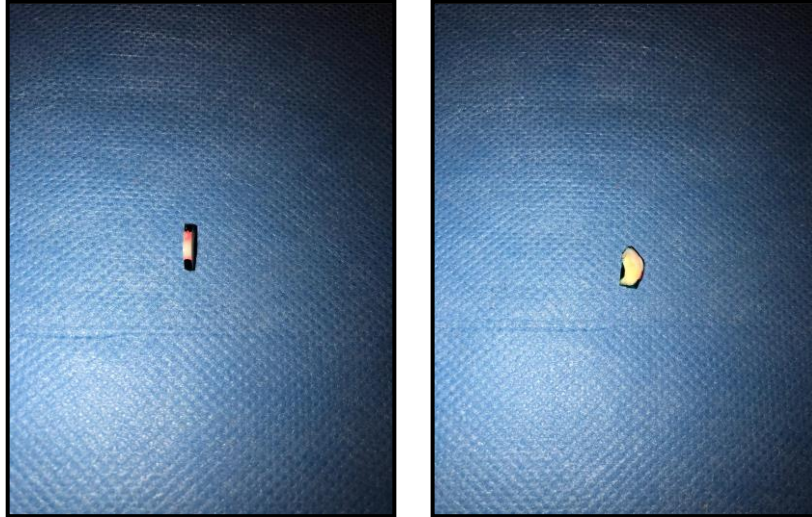
Remineralizasyon Solüsyonu:

1,2 mmol/L CaCl_2 , 0,72 mmol/L K_2HPO_4 , 2,6 $\mu\text{mol/L}$ F, 50 mmol/L HEPES.
(pH:7)

Deney grupları her gün 1 saat süre ile demineralizasyon solüsyonunda, 23 saat süre ile remineralizasyon solüsyonunda 37°C’de inkübatörde bekletilmiştir. Solüsyonlar her gün yenilenmiştir. Solüsyonlar arası transferde dişler distile su ile yıkanmıştır.

3.3.5. SEM/EDX Analizleri

Dişler, düşük hızlı elmas testere ile (Isomet 1000, Buehler Inc., UK) su soğutması altında meziyodistal yönde bukkal ve lingual parçalara ayrılmıştır. Bukkal ve lingual parçalardaki pencerelerden bukkolingual yönde kesiler alınarak, kalınlığı minimum 1mm olan kesitler elde edilmiştir (Şekil 3-15). Mine dış yüzeyinden dentin yönüne doğru 0 μm , 5 μm , 10 μm , 15 μm ve 20 μm derinliklerinde ayrı ayrı belirlenen 3 farklı noktadan SEM/EDX ile element analizleri (Ca, P, F, Na, O, C (%wt)) gerçekleştirilmiştir (Şekil 3-16). SEM görüntüleri, her gruptan rastgele seçilen birer dişte bulunan dört pencereden ayrı ayrı, 1000x ve 4000x büyütme oranları ile elde edilmiştir.



Şekil 3-15: SEM/EDX analizleri için dişlerden 1'er mm kalınlığında elde edilen kesitler



Şekil 3-16: SEM/EDX cihazı (Quanta FEG 250)

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS versiyon 25.0 programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu histogram grafikleri ve Kolmogorov-Smirnov testi ile incelenmiştir. Tanımlayıcı analizler sunulurken ortalama, standart sapma değerler kullanılmıştır. Normal dağılım göstermeyen (nonparametrik) değişkenler iki grup arasında değerlendirilirken Mann Whitney U Testi, ikiden fazla grup arasında değerlendirilirken Kruskal Wallis Testi kullanılmıştır. Ölçülen değerlerdeki değişimin gruplar arasındaki karşılaştırması Tekrarlayan Ölçümler Analizi ile yapılmıştır. p değerinin 0,05'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar şeklinde değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Mikrosızıntı Deneylerinin Bulguları

Mikrosızıntı deney gruplarındaki 10'ar adet diştten elde edilmiş olan 4'er yüzey ayrı ayrı skorlanmış olup; her diş örneği için belirlenen dört skor değerinin ortalaması alınmıştır. Bu değerler üzerinden yapılan istatistiksel değerlendirme sonuçları Tablo 4-1'de paylaşılmış olup, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Mikrosızıntı skorlarının yüzdeleri hesaplanarak elde edilen değerler ve karşılaştırmalar da Tablo 4-2'de verilmiştir.

Tablo 4-1: Mikrosızıntı skorlarının ortalama değerleri ve istatistiksel analizi

	Ort±s.s.	Medyan
B1	1,10±0,75	1
B2	1,11±0,80	1
C1	1,20±0,91	1
C2	1,22±0,80	1
B1-B2	p: 0,961	
B1-C1	p: 0,765	
B1-C2	p: 0,53	
B2-C1	p: 0,803	
B2-C2	p: 0,587	
C1-C2	p: 0,774	

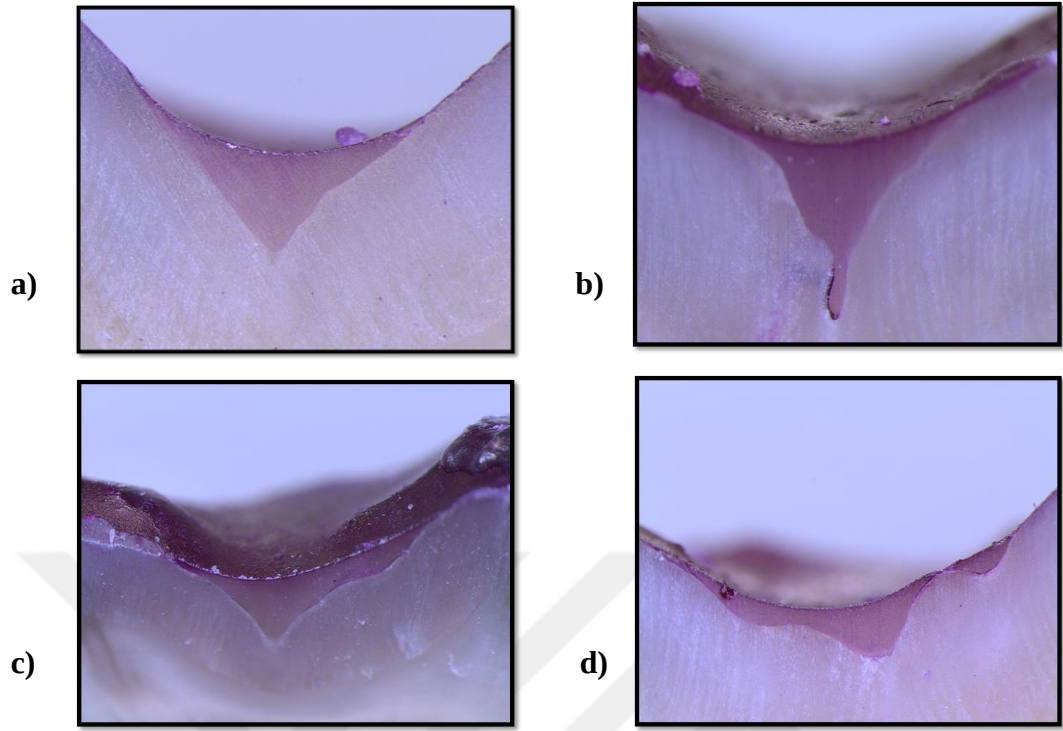
(Mann Whitney U Testi, p<0,05)

Tablo 4-2: Mikrosızıntı skorlarının yüzdeleri ve istatistiksel analizi

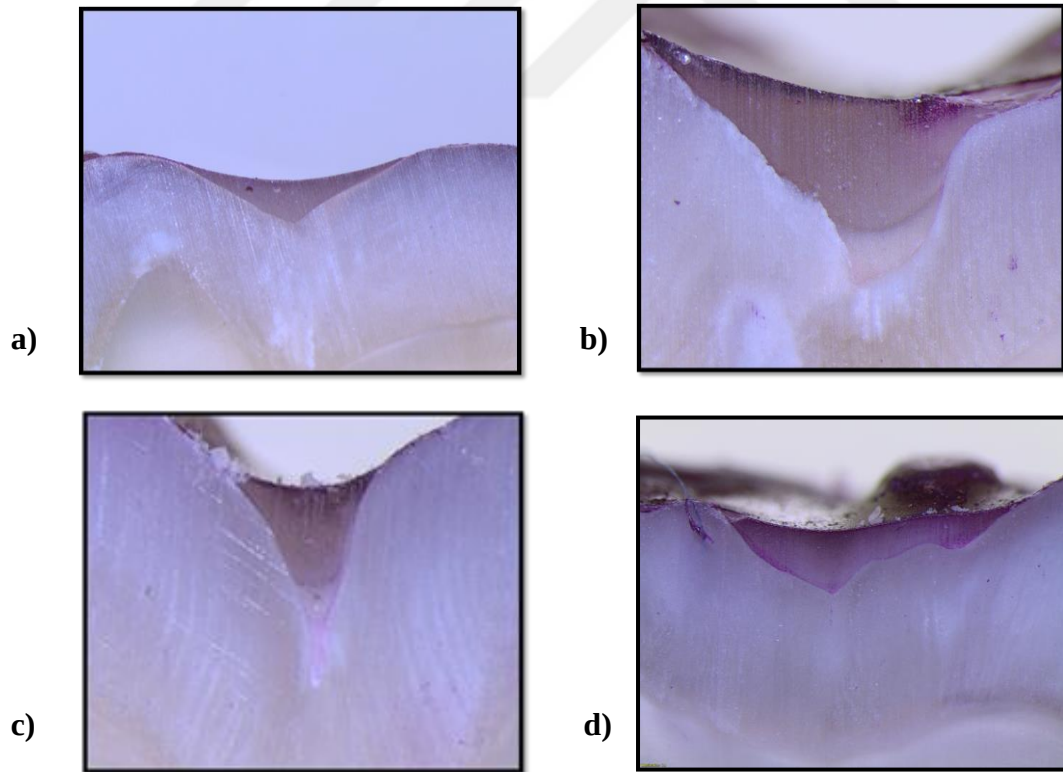
Skor	B1 (Biocoat)		B2 (Adeziv+Biocoat)		C1 (Clinpro)		C2 (Adeziv+Clinpro)		p
	n	%	n	%	n	%	n	%	
0	7	17,95	7	20,00	8	20,00	5	13,89	0,56
1	23	58,97	19	54,29	21	52,50	21	58,33	
2	7	17,95	7	20,00	6	15,00	7	19,44	
3	2	5,13	2	5,71	5	12,50	3	8,33	
B3-B4									0,983
B3-C3									0,680
B3-C4									0,918
B4-C3									0,753
B4-C4									0,892
C3-C4									0,786

(Ki Kare Testi, p<0,05)

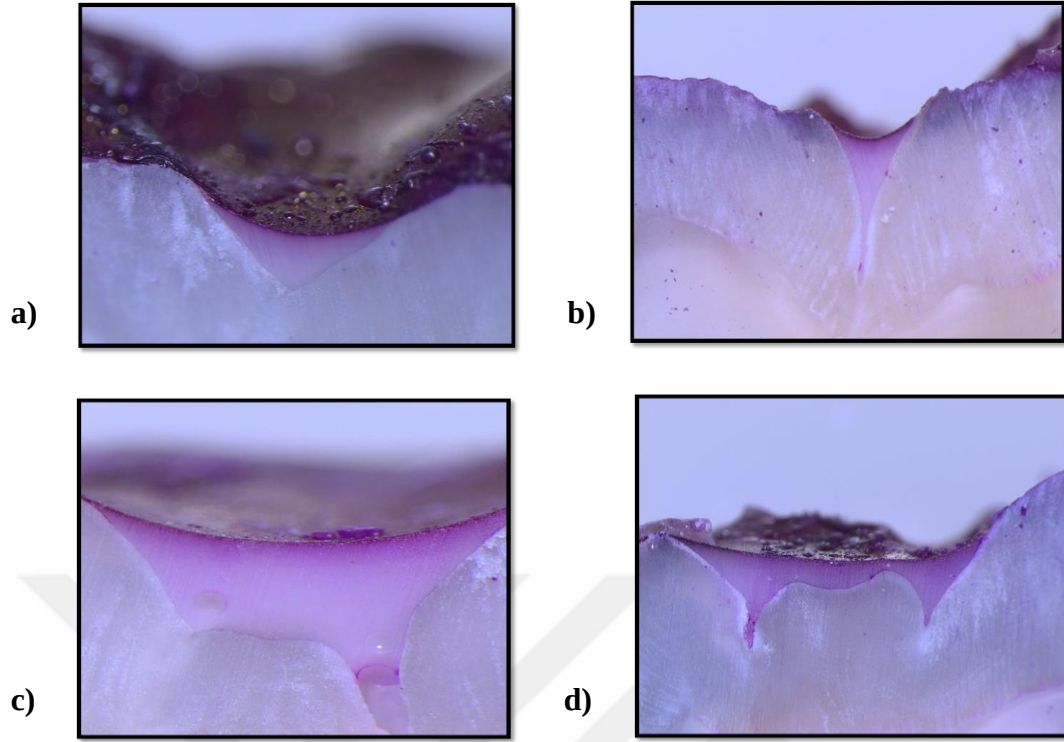
B1, B2, C1 ve C2 gruplarının mikrosızıntı skorlamalarının örnek fotoğrafları aşağıda verilmiştir (Şekil 4-1) (Şekil 4-2) (Şekil 4-3) (Şekil 4-4).



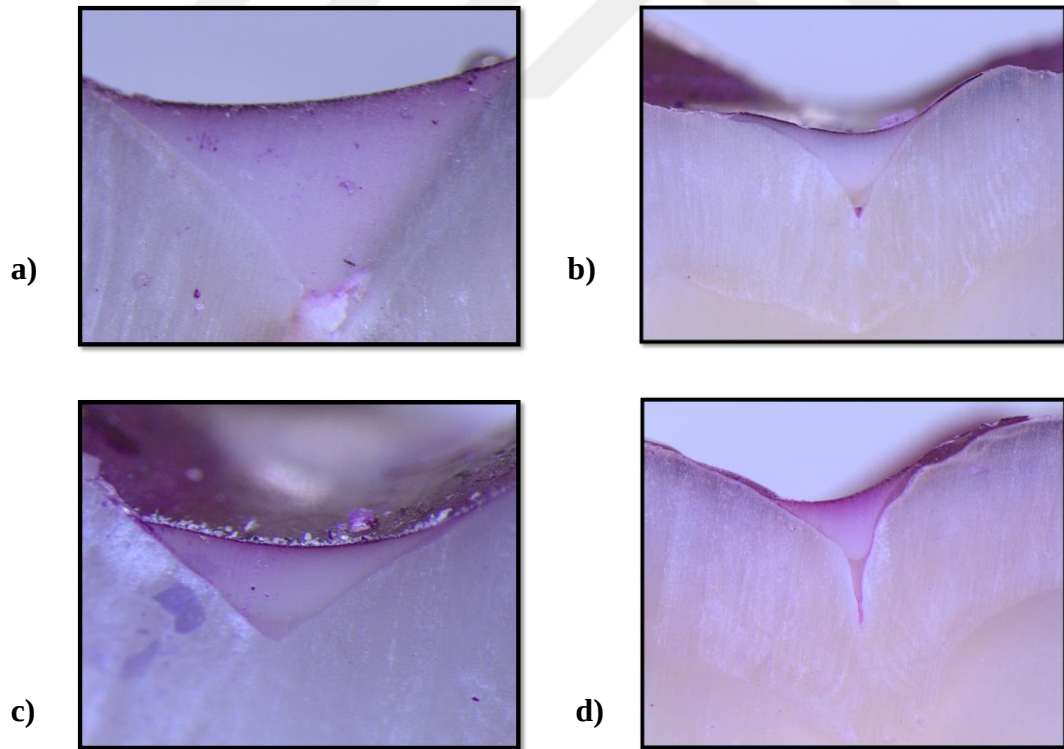
Şekil 4-1: B1 (BioCoat) grubunun skorlaması a) Skor: 0 b) Skor: 1 c) Skor: 2 d) Skor: 3



Şekil 4-2: B2 (Adeziv+BioCoat) grubunun skorlaması a) Skor: 0 b) Skor: 1 c) Skor: 2 d) Skor: 3



Şekil 4-3: C1 (Clinpro) grubunun skorlaması a) Skor: 0 b) Skor: 1 c) Skor: 2 d) Skor: 3



Şekil 4-4: C2 (Adeziv+Clinpro) grubunun skorlaması a) Skor: 0 b) Skor: 1 c) Skor: 2 d) Skor: 3

4.2. Remineralizasyon Deneyinin Bulguları

Remineralizasyon deney gruplarındaki diş örneklerinden kesitler alınarak, materyalle temasta bulunan mine dış yüzeyinden dentine doğru belirli mesafelerde (0 µm, 5 µm, 10 µm, 15 µm ve 20 µm) element analizleri (Ca, P, Na, F, O, C) gerçekleştirilmiştir.

Remineralizasyon deney gruplarındaki dişlerde bulunan pencereler numaralandırılarak isimlendirilmiştir. B (BioCoat) grubuna ait pencereler; B1 (pozitif kontrol, sağlıklı mine), B2 (negatif kontrol, demineralize mine), B3 (sadece BioCoat uygulanmış pencere), B4 (adeziv ve BioCoat'un birlikte uygulandığı pencere); C grubuna ait pencereler ise; C1 (pozitif kontrol, sağlıklı mine), C2 (negatif kontrol, demineralize mine), C3 (sadece Clinpro uygulanmış pencere), C4 (adeziv ve Clinpro'nun birlikte uygulandığı pencere) olarak adlandırılmış ve gruplar bu isimlerle alt gruplara ayrılmıştır.

4.2.1. B (BioCoat) Grubunun SEM/EDX Elemental Analiz Değerlendirmeleri

Materyalle temasta olan (0 µm) mine yüzeyinde elemental analiz değerlendirmeleri

Ca, P, F, Na, O ve C elementlerinin ağırlıkça ortalamaları (%wt), 0 µm derinlikte B1, B2, B3 ve B4 alt grupları arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4-3).

Tablo 4-3: B Grubunun (BioCoat) materyalle temasta olan (0 µm) mine yüzeyinde Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt)

	B1 (Pozitif Kontrol)		B2 (Negatif Kontrol)		B3 (BioCoat)		B4 (Adeziv+BioCoat)		P
	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	
Ca	9,35	±2,23	6,44	±2,10	13,82	±2,70	12,66	±3,18	<0,001
P	8,67	±1,75	5,65	±1,77	13,10	±2,76	12,37	±2,62	<0,001
Ca/P	1,08	±,18	1,15	±,20	1,07	±,17	1,03	±,14	0,203
F	,47	±,11	,31	±,10	,70	±,16	,69	±,10	<0,001
Na	,44	±,19	,45	±,17	,55	±,24	,53	±,23	0,385
O	38,79	±3,14	40,17	±4,55	39,99	±5,57	35,64	±7,94	0,077
C	42,17	±4,62	46,83	±3,98	31,82	±7,86	38,10	±6,75	<0,001

Kruskal Wallis Testi, p<0,05

Tablo 4-3'ün devamı

	P					
	B1-B2	B1-B3	B1-B4	B2-B3	B2-B4	B3-B4
Ca	0,001	<0,001	0,005	<0,001	<0,001	0,121
P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,359
Ca/P	0,183	0,975	0,558	0,09	0,044	0,74
F	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,874
Na	0,95	0,137	0,304	0,145	0,476	0,681
O	0,066	0,429	0,217	0,95	0,011	0,137
C	0,004	0,001	0,05	<0,001	<0,001	0,031

Kruskal Wallis Testi, $p < 0,05$

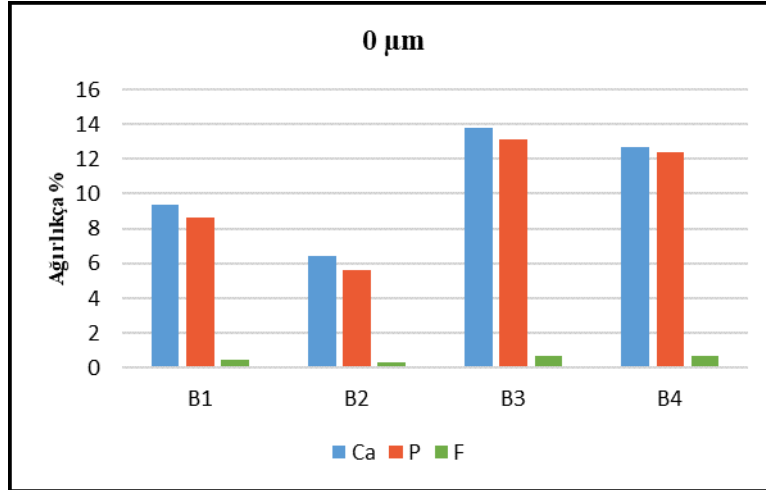
Demineralizasyon prosedürü sonrasında örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı derecede bir azalma olduğu görülmektedir. B1 grubu Ca, P ve F seviyelerinin, B2 grubu Ca, P ve F seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p < 0,001$, $p < 0,001$, $p < 0,001$).

Dinamik pH siklusu sonrasında materyal uygulanmış örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde artış bulunmaktadır (Şekil 4-5). B3 ve B4 gruplarının Ca seviyeleri, B1 ve B2 gruplarının Ca seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p < 0,001$, $p < 0,005$, $p < 0,001$, $p < 0,001$). B3 grubunun Ca seviyesinin, B4 grubunun Ca seviyesine göre daha yüksek olduğu görülmektedir ancak bu gruplar arasında Ca seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p < 0,121$).

B3 ve B4 gruplarının P seviyeleri, B1 ve B2 gruplarının P seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p < 0,001$, $p < 0,001$, $p < 0,001$, $p < 0,001$). B3 grubunun P seviyesinin, B4 grubunun P seviyesine göre daha yüksek olduğu görülmektedir ancak bu gruplar arasında P seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p < 0,359$).

B2 grubunun Ca/P oranı, B4 grubunun Ca/P oranına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p < 0,044$).

B3 ve B4 gruplarının F seviyeleri, B1 ve B2 gruplarının F seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p < 0,001$, $p < 0,001$, $p < 0,001$, $p < 0,001$). B3 grubunun F seviyesinin, B4 grubunun F seviyesine göre daha yüksek olduğu görülmektedir ancak bu gruplar arasında F seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p < 0,874$).



Şekil 4-5: Materyalle temasta olan (0 µm) mine yüzeyinde B grubu (BioCoat) Ca, P ve F elementlerinin alt gruplar arası dağılımı (%wt)

Materyale 5 µm mesafeden incelenen elemental analiz değerlendirmeleri

Ca, P, F, Na, O ve C elementlerinin ağırlıkça ortalamaları (%wt), 5 µm derinlikte B1, B2, B3 ve B4 alt grupları arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4-4).

Tablo 4-4: B Grubunun (BioCoat) materyale 5 µm mesafede Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt)

	B1 (Pozitif Kontrol)		B2 (Negatif Kontrol)		B3 (BioCoat)		B4 (Adeziv+BioCoat)		P
	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	
Ca	17,63	±5,31	9,18	±4,86	17,19	±1,74	16,26	±1,61	<0,001
P	14,99	±3,31	7,57	±3,78	16,26	±1,29	15,48	±1,45	<0,001
Ca/P	1,20	±,34	1,18	±,23	1,06	±,14	1,05	±,11	0,188
F	,45	±,22	,39	±,20	,75	±,16	,71	±,26	<0,001
Na	,65	±,41	,55	±,30	,54	±,23	,68	±,21	0,222
O	38,85	±6,35	41,93	±3,85	37,30	±6,65	39,76	±2,81	0,102
C	27,47	±6,89	40,26	±9,03	27,97	±7,09	27,12	±4,21	<0,001

	P					
	B1-B2	B1-B3	B1-B4	B2-B3	B2-B4	B3-B4
Ca	<0,001	0,282	0,950	<0,001	<0,001	0,074
P	<0,001	0,062	0,506	<0,001	<0,001	0,043
Ca/P	0,580	0,311	0,516	0,071	0,033	0,558
F	0,429	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	0,602
Na	0,261	0,874	0,125	0,862	0,064	0,164
O	0,429	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	0,602
C	0,184	0,411	0,899	0,023	0,034	0,527

Kruskal Wallis Testi, p<0,05

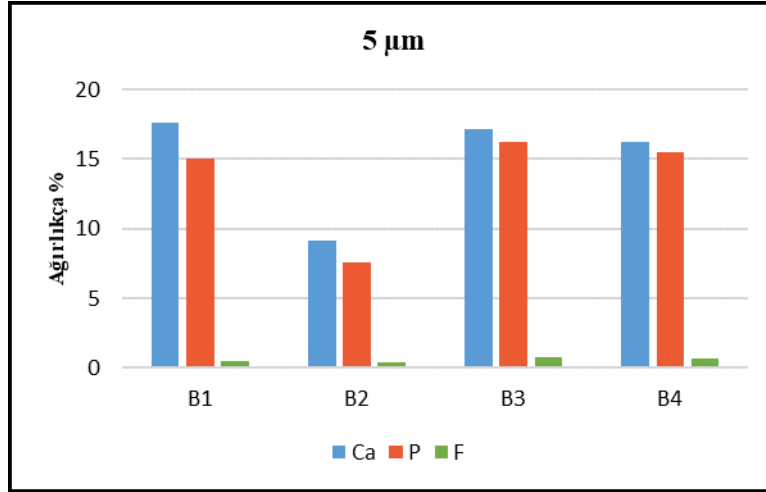
Demineralizasyon prosedürü sonrasında örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı derecede bir azalma olduğu görülmektedir. B1 grubu Ca ve P seviyelerinin, B2 grubu Ca ve P seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,001$, $p<0,001$). B1 grubunun F seviyesinin, B2 grubunun F seviyesine göre daha yüksek olduğu görülmektedir ancak B1 ve B2 grupları arasında F değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,429$).

Dinamik pH siklusu sonrasında materyal uygulanmış örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde artış bulunmaktadır (Şekil 4-6). B3 ve B4 gruplarının Ca seviyeleri, B2 grubunun Ca seviyesine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur ($p<0,001$, $p<0,001$). B3 grubu Ca seviyesinin, B4 grubu Ca seviyesinden daha yüksek olduğu görülmektedir ancak bu gruplar arasında Ca seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,074$).

B3 ve B4 gruplarının P seviyeleri, B2 grubunun P seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p<0,001$ $p<0,001$). B3 grubu P seviyesi, B4 grubu P seviyesine göre istatistiksel olarak daha yüksektir ($p:0,043$).

B2 grubunun Ca/P oranı, B4 grubunun Ca/P oranına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p:0,033$).

B3 ve B4 gruplarının F seviyeleri, B1 ve B2 gruplarının F seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p<0,001$, $p:0,004$, $p<0,001$, $p<0,001$). B3 grubu F seviyesinin, B4 grubu F seviyesinden yüksek olduğu görülmektedir ancak bu gruplar arasında F seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,602$).



Şekil 4-6: Materyale 5 µm mesafede B grubu (BioCoat) Ca, P ve F elementlerinin alt gruplar arası dağılımı (%wt)

Materyale 10 µm mesafeden incelenen elemental analiz değerlendirmeleri

Ca, P, F, Na, O ve C elementlerinin ağırlıkça ortalamaları (%wt), 10 µm derinlikte B1, B2, B3 ve B4 alt grupları arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4-5).

Tablo 4-5: B Grubunun (BioCoat) materyale 10 µm mesafede Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt)

	B1 (Pozitif Kontrol)		B2 (Negatif Kontrol)		B3 (BioCoat)		B4 (Adeziv+BioCoat)		P
	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	
Ca	18,20	±3,24	9,97	±4,32	18,14	±1,37	17,78	±2,02	<0,001
P	16,35	±1,74	10,13	±5,59	17,29	±,70	17,04	±,99	<0,001
Ca/P	1,13	±,26	1,07	±,32	1,05	±,09	1,04	±,11	0,912
F	,48	±,13	,37	±,11	,64	±,18	,59	±,19	<0,001
Na	,58	±,24	,56	±,23	,62	±,18	,68	±,20	0,417
O	39,86	±4,00	40,77	±3,24	39,41	±4,24	40,30	±2,00	0,939
C	24,65	±3,68	38,28	±10,65	23,94	±4,06	23,65	±2,30	<0,001

	P					
	B1-B2	B1-B3	B1-B4	B2-B3	B2-B4	B3-B4
Ca	<0,001	0,658	0,849	<0,001	<0,001	0,874
P	0,001	0,097	0,184	0,001	0,001	0,624
Ca/P	0,486	0,704	0,558	0,825	0,837	0,987
F	0,004	0,005	0,036	<0,001	<0,001	0,375
Na	0,912	0,624	0,179	0,486	0,154	0,304
O	0,591	0,874	0,950	0,496	0,752	0,849
C	<0,001	0,311	0,311	<0,001	<0,001	0,486

Kruskal Wallis Testi, p<0,05

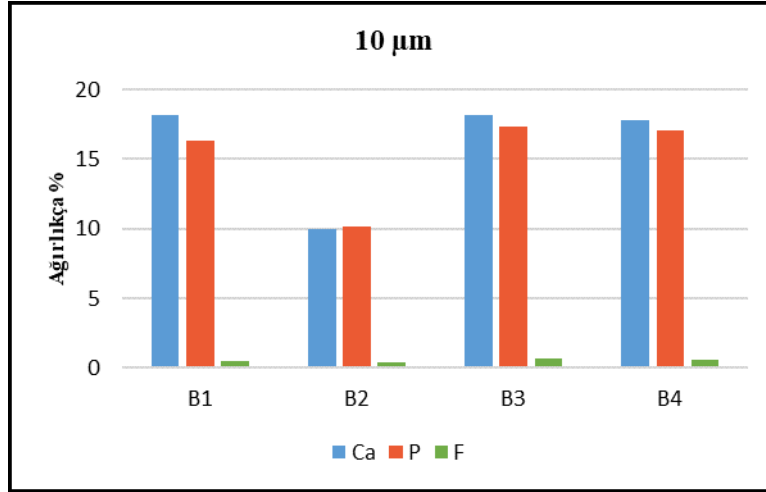
Demineralizasyon prosedürü sonrasında örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu görülmektedir. B1 grubunun Ca, P ve F seviyelerinin, B2 grubunun Ca, P ve F seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,001$, $p<0,001$, $p:0,004$).

Dinamik pH siklusu sonrasında materyal uygulanmış örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde artış bulunmaktadır (Şekil 4-7). B3 ve B4 gruplarının Ca seviyeleri, B2 grubunun Ca seviyesine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur ($p<0,001$, $p<0,001$). B3 grubu Ca seviyesinin, B4 grubu Ca seviyesinden daha yüksek olduğu görülmektedir ancak bu gruplar arasında Ca seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,874$).

B3 ve B4 gruplarının P seviyeleri, B2 grubunun P seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p:0,001$, $p:0,001$). B3 grubu P seviyesinin, B4 grubu P seviyesinden daha yüksek olduğu görülmektedir ancak bu gruplar arasında P seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,624$).

Gruplar arasında Ca/P oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,912$).

B3 ve B4 gruplarının F seviyeleri, B1 ve B2 gruplarının F seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p:0,005$, $p:0,036$, $p<0,001$, $p<0,001$). B3 grubunun F seviyesinin, B4 grubunun F seviyesinden daha yüksek olduğu görülmektedir ancak bu gruplar arasında F seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,375$).



Şekil 4-7: Materyale 10 µm mesafede B grubu (BioCoat) Ca, P ve F elementlerinin alt gruplar arası dağılımı (%wt)

Materyale 15 µm mesafeden incelenen elemental analiz değerlendirmeleri

Ca, P, F, Na, O ve C elementlerinin ağırlıkça ortalamaları (%wt), 15 µm derinlikte B1, B2, B3 ve B4 alt grupları arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4-6).

Tablo 4-6: B Grubunun (BioCoat) materyale 15 µm mesafede Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının elementlerinin alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt)

	B1 (Pozitif Kontrol)		B2 (Negatif Kontrol)		B3 (BioCoat)		B4 (Adeziv+BioCoat)		P
	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	
Ca	18,64	±2,87	12,27	±5,48	18,60	±2,52	18,09	±1,78	<0,001
P	16,89	±1,47	10,04	±4,84	17,29	±1,06	17,22	±1,08	<0,001
Ca/P	1,11	±,19	1,25	±,22	1,08	±,20	1,05	±,10	0,003
F	,53	±,21	,40	±,20	,79	±,34	,63	±,28	0,001
Na	,74	±,36	,56	±,24	,68	±,24	,74	±,16	0,139
O	41,07	±4,20	40,82	±3,54	38,53	±4,48	40,71	±3,01	0,384
C	22,19	±3,14	35,77	±10,45	24,02	±4,04	23,14	±3,65	<0,001

	P					
	B1-B2	B1-B3	B1-B4	B2-B3	B2-B4	B3-B4
Ca	<0,001	0,740	0,975	<0,001	<0,001	0,591
P	<0,001	0,486	0,506	<0,001	<0,001	0,962
Ca/P	0,009	0,751	0,311	0,006	0,001	0,558
F	0,048	0,011	0,311	<0,001	0,010	0,141
Na	0,194	0,669	0,569	0,194	0,019	0,206
O	0,825	0,195	0,975	0,195	0,849	0,107
C	<0,001	0,195	0,457	<0,001	<0,001	0,327

Kruskal Wallis Testi, p<0,05

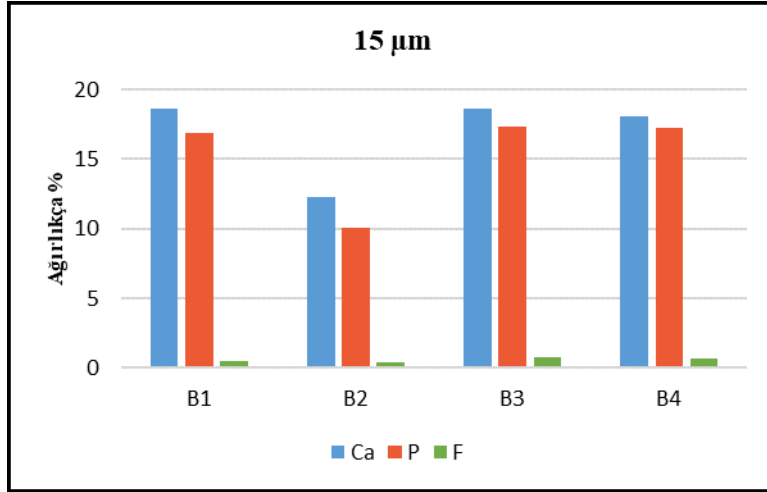
Demineralizasyon prosedürü sonrasında örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde azalma olduğu görülmektedir. B1 grubunun Ca, P ve F seviyelerinin, B2 grubunun Ca, P ve F seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,001$, $p<0,001$, $p:0,048$).

Dinamik pH siklusu sonrasında materyal uygulanmış örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde artış bulunmaktadır (Şekil 4-8). B3 ve B4 gruplarının Ca seviyeleri, B2 grubunun Ca seviyesine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur ($p<0,001$, $p<0,001$). B3 grubu Ca seviyesinin, B4 grubu Ca seviyesinden daha yüksek olduğu görülmektedir ancak bu gruplar arasında Ca seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,591$).

B3 ve B4 gruplarının P seviyeleri, B2 grubunun P seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p<0,001$, $p<0,001$). B3 grubu P seviyesinin, B4 grubu P seviyesinden daha yüksek olduğu görülmektedir ancak bu gruplar arasında P seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,962$).

B2 grubunun Ca/P oranı, B3 ve B4 gruplarının Ca/P oranlarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p:0,006$, $p:0,001$).

B3 grubunun F seviyeleri, B1 ve B2 gruplarının F seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p:0,011$, $p<0,001$). B4 grubu F seviyesi, B2 grubu F seviyesinden istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p:0,010$). B3 grubunun F seviyesinin, B4 grubunun F seviyesinden daha yüksek olduğu görülmektedir ancak bu gruplar arasında F seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,141$).



Şekil 4-8: Materyale 15 µm mesafede B grubu (BioCoat) Ca, P ve F alt gruplar arası dağılımı (%wt)

Materyale 20 µm mesafeden incelenen elemental analiz değerlendirmeleri

Ca, P, F, Na, O ve C elementlerinin ağırlıkça ortalamaları (%wt), 20 µm derinlikte B1, B2, B3 ve B4 alt grupları arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4-7).

Tablo 4-7: B Grubunun (BioCoat) materyale 20 µm mesafede Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt)

	B1 (Pozitif Kontrol)		B2 (Negatif Kontrol)		B3 (BioCoat)		B4 (Adeziv+BioCoat)		P
	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	
Ca	19,25	±3,41	12,90	±4,55	18,30	±1,65	17,75	±2,33	<0,001
P	17,41	±1,72	10,52	±4,66	17,42	±1,10	17,16	±1,07	<0,001
Ca/P	1,11	±,23	1,31	±,31	1,05	±,09	1,03	±,13	0,015
F	,58	±,20	,37	±,10	,62	±,18	,59	±,20	<0,001
Na	,81	±,28	,59	±,28	,73	±,15	,69	±,23	0,067
O	41,36	±2,82	40,03	±3,64	40,36	±2,24	41,42	±3,11	0,140
C	20,73	±3,84	35,56	±7,97	22,58	±3,05	22,40	±3,18	<0,001

	P					
	B1-B2	B1-B3	B1-B4	B2-B3	B2-B4	B3-B4
Ca	<0,001	0,282	0,121	<0,001	<0,001	0,527
P	<0,001	0,580	0,275	<0,001	<0,001	0,486
Ca/P	0,027	0,937	0,569	0,008	0,004	0,646
F	<0,001	0,367	0,924	<0,001	<0,001	0,613
Na	0,016	0,326	0,217	0,035	0,248	0,590
O	0,229	0,062	0,837	0,752	0,155	0,041
C	<0,001	0,037	0,048	<0,001	<0,001	0,800

Kruskal Wallis Testi, p<0,05

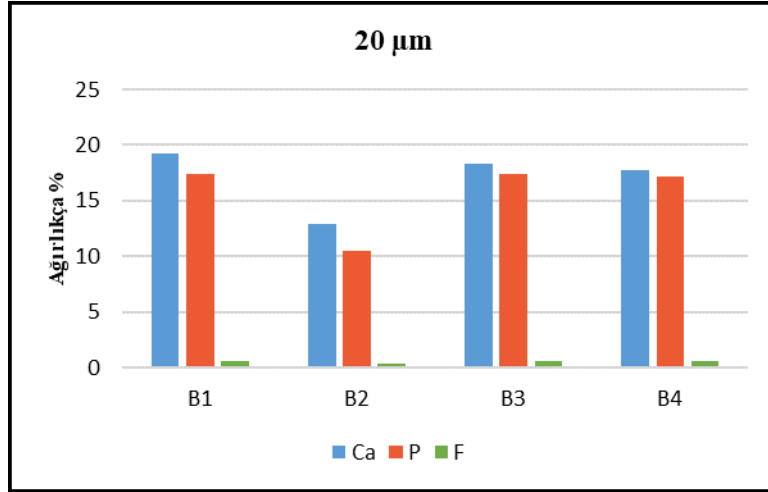
Demineralizasyon prosedürü sonrasında örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu görülmektedir. B1 grubunun Ca, P ve F seviyelerinin, B2 grubunun Ca, P ve F seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,001$, $p<0,001$, $p<0,001$).

Dinamik pH siklusu sonrasında materyal uygulanmış örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde artış bulunmaktadır (Şekil 4-9). B3 ve B4 gruplarının Ca seviyeleri, B2 grubunun Ca seviyesine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur ($p<0,001$, $p<0,001$). B3 grubu Ca seviyesinin, B4 grubu Ca seviyesinden daha yüksek olduğu görülmektedir ancak bu gruplar arasında Ca seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,527$).

B3 ve B4 gruplarının P seviyeleri, B2 grubunun P seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p<0,001$, $p<0,001$). B3 grubu P seviyesinin, B4 grubu P seviyesinden daha yüksek olduğu görülmektedir ancak bu gruplar arasında P seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,486$).

B2 grubunun Ca/P oranı, B3 ve B4 gruplarının Ca/P oranına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p:0,008$, $p:0,004$).

B3 ve B4 gruplarının F seviyeleri, B2 grubunun F seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p<0,001$, $p<0,001$). B3 grubunun F seviyesinin, B4 grubunun F seviyesinden daha yüksek olduğu görülmektedir ancak bu gruplar arasında F seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,613$).



Şekil 4-9: Materyale 20 µm mesafede B grubu (BioCoat) Ca, P ve F elementlerinin alt gruplar arası dağılımı (%wt)

B Grubunda 0-20 µm derinlikte kesitsel taramayla yapılan elemental analizin gruplar arası karşılaştırılması;

Ca, P, F, Na, O ve C elementlerinin tüm mesafelerdeki toplam ağırlıkça ortalamaları (%wt), B1, B2, B3 ve B4 alt grupları arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4-8).

Tablo 4-8: B Grubu (BioCoat) Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının 0-20 µm derinlikte kesitsel taramayla yapılan elemental analizin gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt)

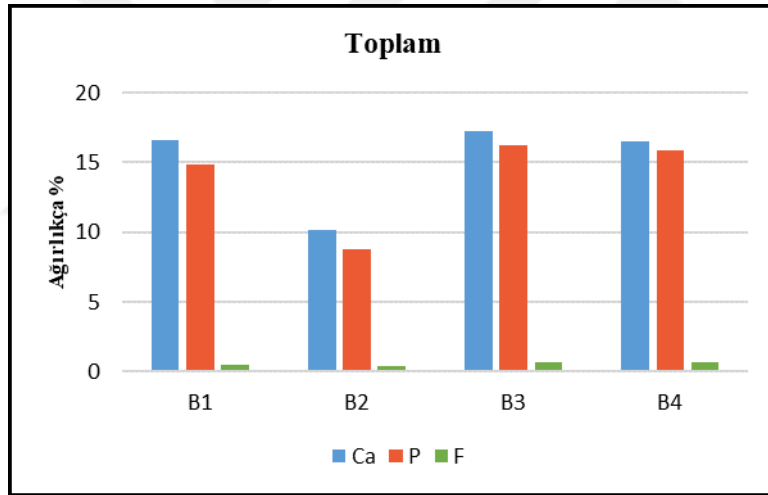
	B1 (Pozitif Kontrol)		B2 (Negatif Kontrol)		B3 (BioCoat)		B4 (Adeziv+BioCoat)		p
	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	
Ca	16,61	±5,08	10,15	±4,90	17,21	±2,68	16,51	±3,00	<0,001
P	14,86	±3,82	8,78	±4,64	16,27	±2,24	15,86	±2,42	<0,001
Ca/P	1,13	±,24	1,19	±,27	1,06	±,14	1,04	±,11	<0,001
F	,50	±,18	,37	±,15	,70	±,22	,64	±,22	<0,001
Na	,64	±,33	,54	±,25	,62	±,22	,66	±,21	0,002
O	39,98	±4,32	40,74	±3,76	39,12	±4,88	39,57	±4,70	0,158
C	27,44	±8,98	39,34	±9,51	26,06	±6,41	26,88	±7,22	<0,001

	p					
	B1-B2	B1-B3	B1-B4	B2-B3	B2-B4	B3-B4
Ca	<0,001	0,308	0,936	<0,001	<0,001	0,203
P	<0,001	0,040	0,237	<0,001	<0,001	0,171
Ca/P	0,007	0,409	0,105	<0,001	<0,001	0,435
F	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,077
Na	0,029	0,711	0,154	0,006	<0,001	0,224
O	0,279	0,265	0,620	0,033	0,106	0,450
C	<0,001	0,953	0,653	<0,001	<0,001	0,586

Demineralizasyon prosedürü sonrasında örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu görülmektedir. B1 grubunun Ca, P ve F seviyelerinin, B2 grubunun Ca, P ve F seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,001$, $p<0,001$, $p<0,001$).

Dinamik pH siklusu sonrasında materyal uygulanmış örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde artış bulunmaktadır (Şekil 4-10). B3 ve B4 gruplarının Ca, P ve F seviyeleri, B2 grubunun Ca, P ve F seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p<0,001$, $p<0,001$, $p<0,001$, $p<0,001$, $p<0,001$, $p<0,001$).

B3 ve B4 gruplarının Ca/P oranları, B2 grubunun Ca/P oranına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşüktür ($p<0,001$, $p<0,001$).



Şekil 4-10: B grubu (BioCoat) Ca, P ve F elementlerinin 0-20 µm derinlikte kesitsel taramayla yapılan elemental analiz ortalamaları (%wt)

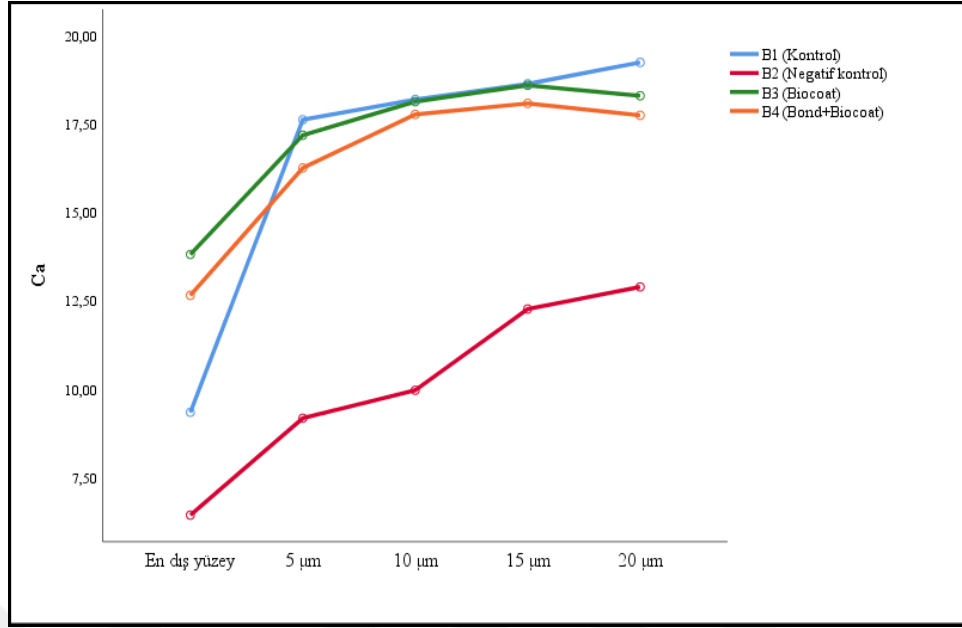
B (BioCoat) gruplarının 0-20 µm derinlikte belirlenen mesafelerde Ca, P, F, Ca/P element ağırlıklarındaki (%wt) değişimlerinin birbirleri ile karşılaştırılması;

B grubunda ölçülen mesafelere göre elementlerin seviyelerindeki değişim, alt gruplar arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4-9). Buna göre, B2 grubunun Ca ve P seviyelerinde meydana gelen artış diğer gruplara göre daha azdır ($p<0,001$, $p:0,001$) (Şekil 4-11) (Şekil 4-12).

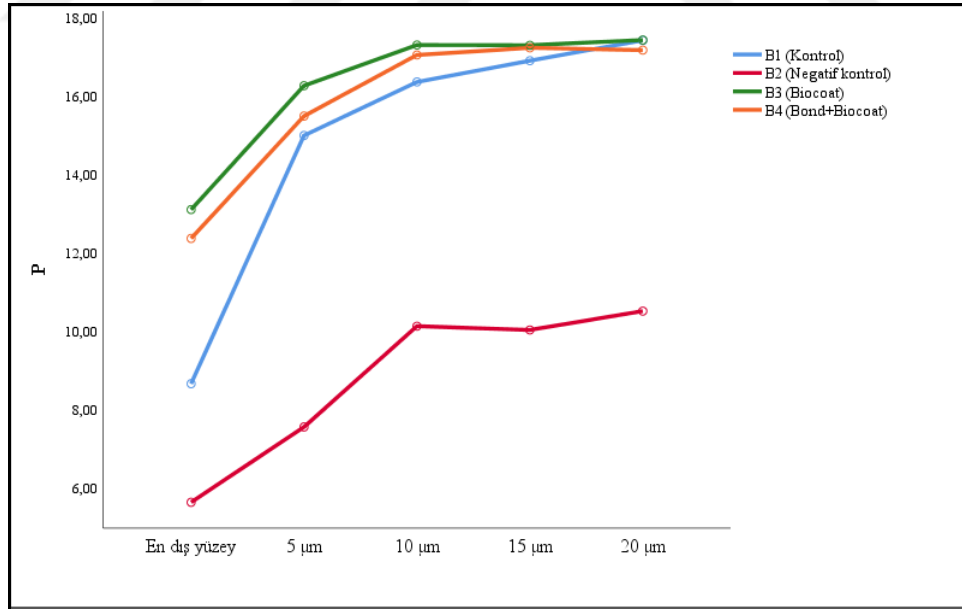
Tablo 4-9: B grubunda materyale olan mesafelere göre grup içi Ca, P ve F element ağırlıklarındaki (%wt) ve Ca/P oranındaki değişimler

	B1		B2		B3		B4		p
	(Pozitif Kontrol)		(Negatif kontrol)		(Biocoat)		(Adeziv+BioCoat)		
	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	
Ca (0 μm)	9,35	±2,23	6,44	±2,10	13,82	±2,70	12,66	±3,18	<0,001
Ca (5 μm)	17,63	±5,31	9,18	±4,86	17,19	±1,74	16,26	±1,61	
Ca (10 μm)	18,20	±3,24	9,97	±4,32	18,14	±1,37	17,78	±2,02	
Ca (15 μm)	18,64	±2,87	12,27	±5,48	18,60	±2,52	18,09	±1,78	
Ca (20 μm)	19,25	±3,41	12,90	±4,55	18,30	±1,65	17,75	±2,33	
P (0 μm)	8,67	±1,75	5,65	±1,77	13,10	±2,76	12,37	±2,62	0,001
P (5 μm)	14,99	±3,31	7,57	±3,78	16,26	±1,29	15,48	±1,45	
P (10 μm)	16,35	±1,74	10,13	±5,59	17,29	±,70	17,04	±,99	
P (15 μm)	16,89	±1,47	10,04	±4,84	17,29	±1,06	17,22	±1,08	
P (20 μm)	17,41	±1,72	10,52	±4,66	17,42	±1,10	17,16	±1,07	
Ca/P (0 μm)	1,08	±,18	1,15	±,20	1,07	±,17	1,03	±,14	0,165
Ca/P (5 μm)	1,20	±,34	1,18	±,23	1,06	±,14	1,05	±,11	
Ca/P (10 μm)	1,13	±,26	1,07	±,32	1,05	±,09	1,04	±,11	
Ca/P (15 μm)	1,11	±,19	1,25	±,22	1,08	±,20	1,05	±,10	
Ca/P (20 μm)	1,11	±,23	1,31	±,31	1,05	±,09	1,03	±,13	
F (0 μm)	,47	±,11	,31	±,10	,70	±,16	,69	±,10	0,111
F (5 μm)	,45	±,22	,39	±,20	,75	±,16	,71	±,26	
F (10 μm)	,48	±,13	,37	±,11	,64	±,18	,59	±,19	
F (15 μm)	,53	±,21	,40	±,20	,79	±,34	,63	±,28	
F (20 μm)	,58	±,20	,37	±,10	,62	±,18	,59	±,20	

Tekrarlayan Ölçümler Analizi, $p<0,05$



Şekil 4-11: Ca elementinin (%wt) mesafelere göre B grubunun (BioCoat) alt gruplarındaki değerleri



Şekil 4-12: P elementinin (%wt) mesafelere göre B grubunun (BioCoat) alt gruplarındaki değerleri

B grubunun (BioCoat) alt gruplarındaki element ağırlıklarının (%wt) materyale olan mesafe ile korelasyonları;

B1, B2, B3 ve B4 gruplarında materyale olan mesafe ile Ca, P, F, Na, O ve C seviyeleri arasındaki korelasyona bakılmıştır (Tablo 4-10).

Tablo 4-10: B grubunun (BioCoat) alt gruplarındaki element ağırlıklarının (%wt) materyale olan mesafe ile korelasyonları

		B1	B2	B3	B4
Ca	r	0,619	0,475	0,518	0,518
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
P	r	0,671	0,362	0,561	0,605
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Ca/P	r	0,031	0,143	0,066	0,029
	p	0,768	0,179	0,538	0,786
F	r	0,222	0,172	-0,125	-0,199
	p	0,036	0,105	0,240	0,060
Na	r	0,436	0,199	0,323	0,261
	p	<0,001	0,060	0,002	0,013
O	r	0,257	-0,122	0,002	0,398
	p	0,015	0,252	0,986	<0,001
C	r	-0,730	-0,398	-0,501	-0,677
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Spearman Korelasyon Testi, p<0,05

Tüm grupların Ca ve P seviyelerinde, mesafe artışı ile aynı yönlü korelasyon olduğu istatistiksel olarak saptanmıştır. B1, B2, B3, B4 grupları için istatistiksel olarak anlamlı aynı yönlü korelasyon değerleri Ca elementi için sırasıyla (r:0,619, p<0,001) (r:0,475, p<0,001) (r:0,518, p<0,001) (r:0,518, p<0,001); P elementi için sırasıyla (r:0,671, p<0,001) (r:0,362, p<0,001) (r:0,561, p<0,001) (r:0,605, p<0,001)'dir ve bu artışların en çok 5 µm mesafede gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 4-10) (Şekil 4-11) (Şekil 4-12).

B1 grubunun F seviyeleri ile mesafe artışı arasında istatistiksel olarak anlamlı aynı yönlü korelasyon bulunmaktadır (r:0,222, p:0,036). Diğer grupların F seviyeleri ile

mesafe artışı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon tespit edilmemiştir (Tablo 4-10).

Ca/P seviyeleri değerlendirildiğinde ise B1, B2, B3 ve B4 gruplarında analizlerin yapıldığı mesafelerle aralarında anlamlı bir korelasyon olmadığı belirlenmiştir.

Demineralizasyon prosedürü ve dinamik pH siklusunun ardından B (BioCoat) gruplarının Ca, P ve F element ağırlıklarındaki değişim miktarlarının belirlenen mesafelerde çalışma grupları ile kontrol grupları arasında karşılaştırılması;

Demineralizasyon prosedürü ve fissür örtücü uygulamaları sonrası gerçekleştirilen dinamik pH siklusunun ardından, B1, B2, B3 ve B4 gruplarında meydana gelen Ca, P ve F elementlerinin ağırlıkça değişim oranları tüm mesafelerde gruplar arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4-11).

Tablo 4-11: B1-B3, B1-B4, B2-B3 ve B2-B4 grupları arası Ca, P ve F elementlerinin ağırlıkça değişim yüzdelerinin derinlikle korelasyonu

		B1-B3	B1-B4	B2-B3	B2-B4
Ca	r	-0,437	-0,341	-0,346	-0,312
	p	<0,001	0,001	0,001	0,003
P	r	-0,542	-0,452	-0,232	-0,191
	p	<0,001	<0,001	0,028	0,072
F	r	-0,265	-0,385	-0,254	-0,268
	p	0,012	<0,001	0,016	0,011

Spearman Korelasyon Testi, $p < 0,05$

Tüm gruplar arası Ca değişim yüzdesi ile derinlik arasında ters yönlü korelasyon bulunmaktadır. Materyale olan mesafe arttıkça, Ca seviyesinin artma oranı azalmıştır. B1-B3, B1-B4, B2-B3, B2-B4 için istatistiksel olarak anlamlı ters yönlü korelasyon değerleri sırasıyla ($r: -0,437$, $p < 0,001$) ($r: -0,341$, $p: 0,001$) ($r: -0,346$, $p: 0,001$) ($r: -0,312$, $p: 0,003$)'tür (Tablo 4-11) (Şekil 4-11) (Şekil 4-12).

B2-B4 grupları hariç, tüm gruplar arası P değişim yüzdesi ile derinlik arasında istatistiksel olarak anlamlı ters yönlü korelasyon bulunmaktadır. Materyale olan mesafe

arttıkça, P seviyesinin artma oranı azalmıştır (r:-0,542, p<0,001) (r:-0,452, p<0,001) (r:-0,232, p:0,028) (Tablo 4-11) (Şekil 4-11) (Şekil 4-12).

Tüm gruplar arası F değişim yüzdesi ile derinlik arasında istatistiksel olarak anlamlı ters yönlü korelasyon bulunmaktadır. Materyale olan mesafe arttıkça, F seviyesinin artma oranı azalmıştır (r:-0,265, p:0,012) (r:-0,385, p<0,001) (r:-0,254, p:0,016) (r:-0,268, p:0<011).

4.2.2. C Grubunun SEM/EDX Elemental Analiz Değerlendirmeleri

Materyalle temasta olan (0 µm) mine yüzeyinde incelenen elemental analiz değerlendirmeleri

Ca, P, F, Na, O ve C elementlerinin ağırlıkça ortalamaları (%wt), materyalle temasta olan (0 µm) mine yüzeyinde C1, C2, C3 ve C4 alt grupları arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4-12).

Tablo 4-12: C Grubunun (Clinpro) materyalle temasta olan (0 µm) mine yüzeyinde Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt)

	C1 (Pozitif Kontrol)		C2 (Negatif Kontrol)		C3 (Clinpro)		C4 (Adeziv+Clinpro)		P
	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	
Ca	11,67	±4,92	7,22	±3,76	9,59	±2,63	10,86	±3,19	0,013
P	9,45	±3,98	5,22	±3,24	9,88	±2,24	9,84	±3,30	<0,001
Ca/P	1,27	±,25	1,74	±1,47	,97	±,18	1,19	±,49	0,013
F	,57	±,17	,38	±,13	,77	±,20	,70	±,18	<0,001
Na	,51	±,19	,38	±,16	,42	±,21	,49	±,22	0,138
O	38,81	±3,35	38,77	±4,21	35,43	±6,08	33,63	±5,31	0,004
C	39,03	±7,00	47,82	±6,05	43,91	±9,72	44,50	±9,02	0,006

P						
	C1-C2	C1-C3	C1-C4	C2-C3	C2-C4	C3-C4
Ca	0,007	0,457	0,849	0,019	0,007	0,359
P	0,003	0,217	0,411	<0,001	<0,001	0,613
Ca/P	0,862	0,001	0,074	0,012	0,255	0,506
F	0,001	0,008	0,035	<0,001	<0,001	0,304
Na	0,044	0,087	0,646	0,612	0,093	0,402
O	0,950	0,029	0,003	0,054	0,005	0,376
C	<0,001	0,282	0,019	0,076	0,296	0,467

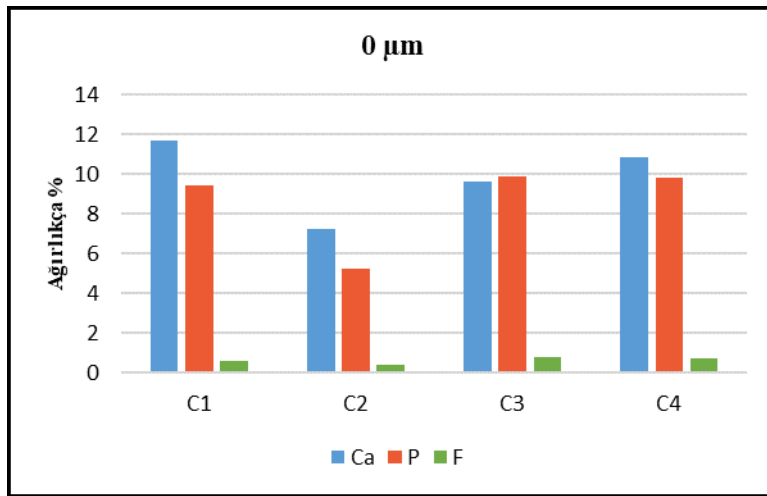
Kruskal Wallis Testi, p<0,05

Demineralizasyon prosedürü sonrasında örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu görülmektedir. C1 grubunun Ca, P ve F seviyelerinin, C2 grubunun Ca, P ve F seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (p:0,007, p:0,003, p:0,001).

Dinamik pH siklusu sonrasında materyal uygulanmış örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde artış bulunmaktadır (Şekil 4-13). C3 ve C4 gruplarının Ca ve P seviyelerinin, C2 grubunun Ca ve P seviyelerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (p:0,019, p:0,007, p<0,001, p<0,001). C3 ve C4 grupları arasında Ca ve P seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0,359, p:0,613).

C3 grubunun Ca/P oranı, C1 ve C2 gruplarının Ca/P oranlarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşüktür (p:0,001, p:0,012). Diğer gruplar arasında Ca/P oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0,862, p:0,074, p:0,255, p:0,506).

C3 ve C4 gruplarının F seviyeleri; C1 ve C2 gruplarının F seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir (p:0,008, p:0,035, p<0,001, p<0,001). C3 grubunun F seviyesinin C4 grubunun F seviyesine göre daha yüksek olduğu görülmektedir ancak gruplar arasında F seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0,304).



Şekil 4-13: Materyalle temasta olan (0 µm) mine yüzeyinde C grubu (Clinpro) Ca, P ve F elementlerinin alt gruplar arası dağılımı (%wt)

Materyale 5 µm mesafeden incelenen elemental analiz değerlendirmeleri

Ca, P, F, Na, O ve C elementlerinin ağırlıkça ortalamaları (%wt), materyale 5 µm mesafede C1, C2, C3 ve C4 alt grupları arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4-13).

Tablo 4-13: C Grubunun (Clinpro) materyale 5 µm mesafede Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının alt gruplar arası materyale 5 µm mesafede istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt)

	C1 (Pozitif Kontrol)		C2 (Negatif Kontrol)		C3 (Clinpro)		C4 (Adeziv+Clinpro)		P
	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	
Ca	16,77	±4,28	14,08	±4,09	16,82	±2,28	16,82	±2,64	0,099
P	13,74	±3,53	11,88	±2,99	15,98	±1,91	15,77	±2,29	<0,001
Ca/P	1,26	±,29	1,21	±,32	1,06	±,17	1,08	±,14	0,079
F	,44	±,13	,37	±,14	,57	±,25	,52	±,18	0,009
Na	,53	±,23	,52	±,21	,66	±,23	,63	±,17	0,156
O	37,86	±4,60	38,72	±4,34	41,46	±4,39	38,14	±6,13	0,066
C	30,67	±7,84	34,38	±9,56	24,51	±6,05	28,17	±7,99	0,006

	P					
	C1-C2	C1-C3	C1-C4	C2-C3	C2-C4	C3-C4
Ca	0,082	0,613	0,752	0,037	0,031	0,862
P	0,034	0,029	0,076	<0,001	<0,001	0,862
Ca/P	0,438	0,017	0,113	0,097	0,342	0,326
F	0,064	0,178	0,096	0,006	0,006	0,887
Na	0,776	0,071	0,087	0,114	0,268	0,516
O	0,467	0,011	0,486	0,076	0,975	0,058
C	0,282	0,018	0,268	0,001	0,045	0,206

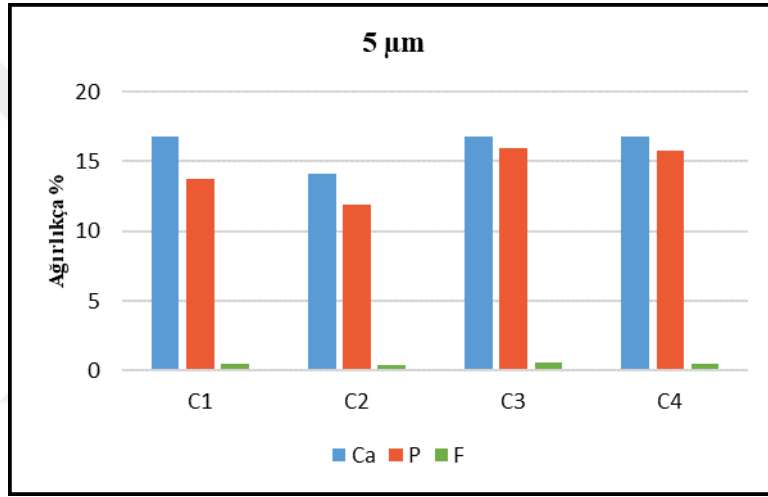
Kruskal Wallis Testi, p<0,05

Demineralizasyon prosedürü sonrasında örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde azalma olduğu görülmektedir. C1 grubunun P seviyesinin, C2 grubunun P seviyesine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlenmiştir (p:0,034). C1 grubunun Ca ve F seviyelerinin, C2 grubunun Ca ve F seviyelerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir ancak gruplar arasında Ca ve F seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0,082, p:0,064).

Dinamik pH siklusu sonrasında materyal uygulanmış örneklerin Ca ve P seviyelerinde artış bulunmaktadır (Şekil 4-14). C3 ve C4 gruplarının Ca ve P seviyeleri, C2 grubunun Ca ve P seviyelerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir (p:0,037, p:0,031, p<0,001, p<0,001). C3 ve C4 grupları arasında Ca ve P seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0,862, p:0,862).

C1 grubunun Ca/P oranı, C3 grubunun Ca/P oranından istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir (p:0,017). Diğer gruplar arasında Ca/P oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

C3 ve C4 gruplarının F seviyeleri; C2 grubunun F seviyesine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir (p:0,006, p:0,006). C3 grubunun F seviyesinin C4 grubunun F seviyesine göre daha yüksek olduğu görülmektedir ancak gruplar arasında F seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0,887).



Şekil 4-14: Materyale 5 µm mesafede C grubu (Clinpro) Ca, P ve F elementlerinin alt gruplar arası dağılımı (%wt)

Materyale 10 µm mesafeden incelenen elemental analiz değerlendirmeleri

Ca, P, F, Na, O ve C elementlerinin ağırlıkça ortalamaları (%wt), materyale 10 µm mesafede C1, C2, C3 ve C4 alt grupları arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4-14).

Tablo 4-14: C Grubunun (Clinpro) materyale 10 µm mesafede Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt)

	C1 (Pozitif Kontrol)		C2 (Negatif Kontrol)		C3 (Clinpro)		C4 (Adeziv+Clinpro)		P
	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	
Ca	19,95	±4,00	15,74	±5,24	17,19	±2,51	18,24	±2,21	0,016
P	16,89	±1,88	15,57	±2,13	16,25	±1,49	16,16	±1,49	0,194
Ca/P	1,19	±,27	1,02	±,31	1,06	±,13	1,14	±,20	0,118
F	,64	±,25	,45	±,18	,57	±,20	,55	±,16	0,043
Na	,58	±,23	,63	±,29	,72	±,26	,77	±,25	0,139
O	38,11	±4,76	39,27	±4,57	43,73	±3,71	39,90	±4,38	0,006
C	23,95	±4,15	28,30	±7,18	21,07	±2,69	24,40	±4,52	0,003

	P					
	C1-C2	C1-C3	C1-C4	C2-C3	C2-C4	C3-C4
Ca	0,012	0,033	0,141	0,107	0,046	0,195
P	0,064	0,169	0,137	0,282	0,402	0,788
Ca/P	0,060	0,090	0,975	0,318	0,117	0,145
F	0,017	0,289	0,205	0,054	0,070	0,849
Na	0,692	0,117	0,043	0,327	0,121	0,359
O	0,548	0,001	0,282	0,010	0,658	0,015
C	0,046	0,023	0,764	0,001	0,085	0,028

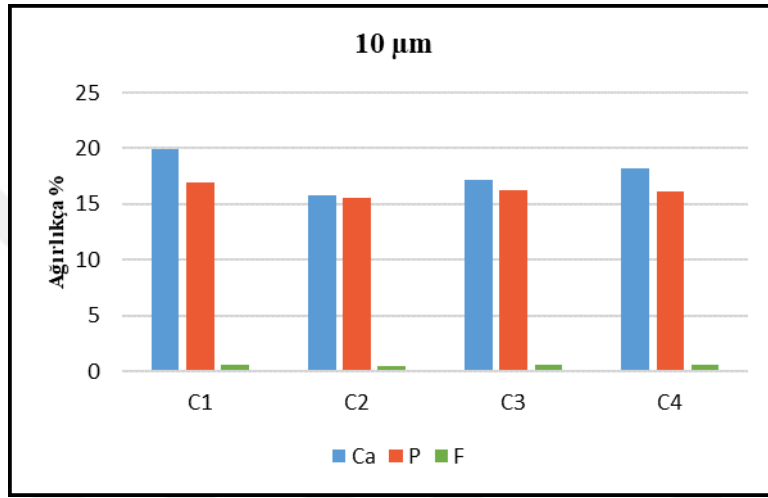
Kruskal Wallis Testi, $p < 0,05$

Demineralizasyon prosedürü sonrasında örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde azalma olduğu görülmektedir. C1 grubunun Ca ve F seviyelerinin, C2 grubunun Ca ve F seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p:0,012$, $p:0,017$). C1 grubunun P seviyesinin, C2 grubunun P seviyesine göre daha yüksek olduğu görülmektedir ancak gruplar arasında P seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,064$).

Dinamik pH siklusu sonrasında materyal uygulanmış örneklerin Ca ve P seviyelerinde artış bulunmaktadır (Şekil 4-15). C3 ve C4 gruplarının Ca ve P seviyelerinin, C2 grubunun Ca ve P seviyelerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir ancak yalnızca C4 grubunun Ca seviyesinin C2 grubunun Ca seviyesine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p:0,046$). C3 ve C4 grupları arasında Ca ve P seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,195$, $p:0,788$).

Gruplar arasında Ca/P oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

C3 ve C4 gruplarının F seviyelerinin, C2 grubunun F seviyesine göre daha yüksek olduğu görülmektedir ancak aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p:0,054$, $p:0,070$). C4 grubunun F seviyesinin, C3 grubunun F seviyesinden daha yüksek olduğu görülmektedir ancak değerler birbirine çok yakındır ve bu gruplar arasında F seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,849$).



Şekil 4-15: Materyale 10 µm mesafede C grubu (Clinpro) Ca, P ve F elementlerinin alt gruplar arası dağılımı (%wt)

Materyale 15 µm mesafeden incelenen elemental analiz değerlendirmeleri

Ca, P, F, Na, O ve C elementlerinin ağırlıkça ortalamaları (%wt), 15 µm derinlikte C1, C2, C3 ve C4 alt grupları arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4-15).

Tablo 4-15: C Grubunun (Clinpro) materyale 15 µm mesafede Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt)

	C1 (Pozitif Kontrol)		C2 (Negatif Kontrol)		C3 (Clinpro)		C4 (Adeziv+Clinpro)		P
	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	
Ca	19,15	±3,30	17,45	±4,59	18,31	±2,91	17,31	±2,52	0,246
P	17,60	±1,34	15,32	±2,99	17,15	±1,65	16,86	±2,20	0,139
Ca/P	1,08	±,13	1,14	±,23	1,07	±,15	1,04	±,18	0,251
F	,48	±,15	,43	±,16	,58	±,24	,57	±,18	0,088
Na	,62	±,19	,65	±,19	,75	±,19	,76	±,12	0,037
O	40,02	±4,12	39,64	±3,72	41,98	±3,17	41,83	±4,04	0,096
C	22,20	±3,26	26,97	±7,55	20,74	±2,67	22,90	±6,93	0,042

Tablo 4-15'in devamı

	p					
	C1-C2	C1-C3	C1-C4	C2-C3	C2-C4	C3-C4
Ca	0,129	0,569	0,082	0,255	0,569	0,289
P	0,037	0,496	0,402	0,103	0,100	0,874
Ca/P	0,657	0,764	0,093	0,447	0,093	0,194
F	0,438	0,217	0,113	0,055	0,060	0,924
Na	0,429	0,038	0,007	0,217	0,096	0,579
O	0,874	0,090	0,155	0,038	0,066	0,975
C	0,054	0,121	0,506	0,009	0,066	0,800

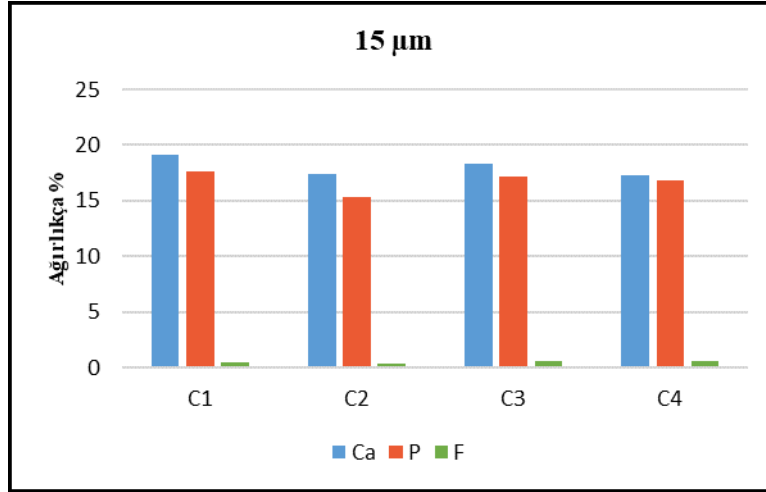
Kruskal Wallis Testi, $p < 0,05$

Demineralizasyon prosedürü sonrasında örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde azalma olduğu görülmektedir ancak bu azalma yalnızca P seviyesi için istatistiksel olarak anlamlıdır ($p:0,037$).

Dinamik pH siklusu sonrasında materyal uygulanmış örneklerin Ca ve P seviyelerinde artış bulunmaktadır (Şekil 4-16). C3 ve C4 gruplarının Ca ve P seviyelerinin, C2 grubunun Ca ve P seviyelerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir ancak aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p:0,255$, $p:0,569$, $p:0,103$, $p:0,100$). C3 ve C4 grupları arasında Ca ve P seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,289$, $p:0,874$).

Gruplar arasında Ca/P oranları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

C3 ve C4 gruplarının F seviyelerinin, C2 grubunun F seviyesine göre daha yüksek olduğu görülmektedir ancak aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p:0,055$, $p:0,060$). C3 grubunun F seviyesinin, C4 grubunun F seviyesinden yüksek olduğu görülmektedir ancak değerler birbirine çok yakındır ve bu gruplar arasında F seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,924$).



Şekil 4-16: Materyale 15 µm mesafede C grubu (Clinpro) Ca, P ve F elementlerinin alt gruplar arası dağılımı (%wt)

Materyale 20 µm mesafeden incelenen elemental analiz değerlendirmeleri

Ca, P, F, Na, O ve C elementlerinin ağırlıkça ortalamaları (%wt), 20 µm derinlikte C1, C2, C3 ve C4 alt grupları arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4-16).

Tablo 4-16: C Grubunun (Clinpro) materyale 20 µm mesafede Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının materyale 20 µm mesafede alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt)

	C1 (Pozitif Kontrol)		C2 (Negatif Kontrol)		C3 (Clinpro)		C4 (Adeziv+Clinpro)		P
	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	
Ca	19,93	±3,18	17,70	±4,18	19,14	±2,28	18,43	±3,19	0,136
P	18,54	±1,00	16,74	±2,56	17,73	±,95	17,36	±2,64	0,094
Ca/P	1,07	±,12	1,05	±,11	1,08	±,13	1,07	±,12	0,909
F	,49	±,13	,36	±,13	,60	±,21	,51	±,14	0,001
Na	,64	±,15	,71	±,22	,69	±,23	,76	±,24	0,161
O	40,76	±3,70	40,95	±4,29	41,81	±3,14	40,74	±7,00	0,776
C	19,74	±2,11	23,35	±6,79	20,05	±2,93	22,87	±10,72	0,450

Tablo 4-16'nın devamı

	P					
	C1-C2	C1-C3	C1-C4	C2-C3	C2-C4	C3-C4
Ca	0,024	0,548	0,296	0,062	0,359	0,692
P	0,015	0,054	0,457	0,159	0,448	0,335
Ca/P	0,739	0,849	0,788	0,516	0,506	0,987
F	0,010	0,079	0,569	<0,001	0,003	0,189
Na	0,117	0,358	0,038	0,634	0,438	0,183
O	0,788	0,376	0,359	0,602	0,658	0,800
C	0,164	0,987	0,359	0,195	0,335	0,448

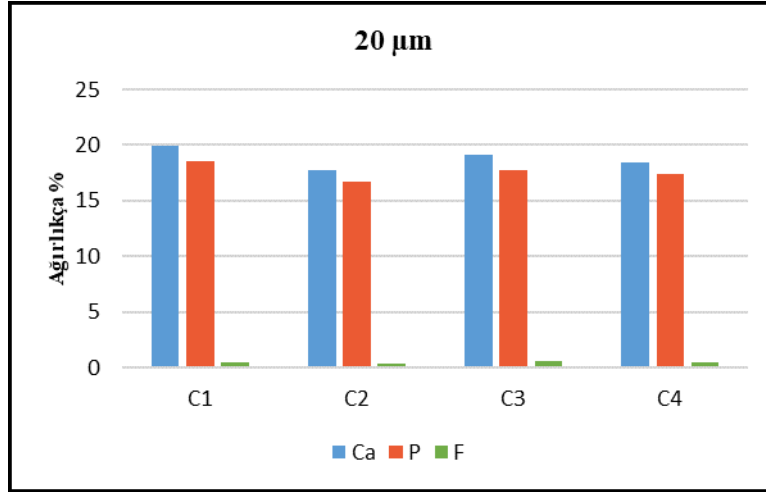
Kruskal Wallis Testi, $p < 0,05$

Demineralizasyon prosedürü sonrasında örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu görülmektedir. C1 grubunun Ca, P ve F seviyelerinin, C2 grubunun Ca, P ve F seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p:0,024$, $p: 0,015$, $p:0,010$).

Dinamik pH siklusu sonrasında materyal uygulanmış örneklerin Ca ve P seviyelerinde artış bulunmaktadır (Şekil 4-17). C3 ve C4 grupların Ca ve P seviyelerinin, C2 grubunun Ca ve P seviyelerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir ancak aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p:0,062$, $0,359$, $p:0,159$, $p:0,448$). C3 ve C4 grupları arasında Ca ve P seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,692$, $p:0,335$).

Gruplar arasında Ca/P oranları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

C3 ve C4 gruplarının F seviyeleri, C2 grubunun F seviyesine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bir değer göstermektedir ($p < 0,001$, $p:0,003$). C3 grubunun F seviyesinin, C4 grubunun F seviyesinden yüksek olduğu görülmektedir ancak gruplar arasında F seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,189$).



Şekil 4-17: Materyale 20 µm mesafede C grubu (Clinpro) Ca, P ve F elementlerinin alt gruplar arası dağılımı (%wt)

C Grubunda 0-20 µm derinlikte kesitsel taramayla yapılan elemental analizin gruplar arası karşılaştırılması;

Ca, P, F, Na, O ve C elementlerinin tüm mesafelerdeki toplam ağırlıkça ortalamaları (%w) C1, C2, C3 ve C4 alt grupları arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4-17).

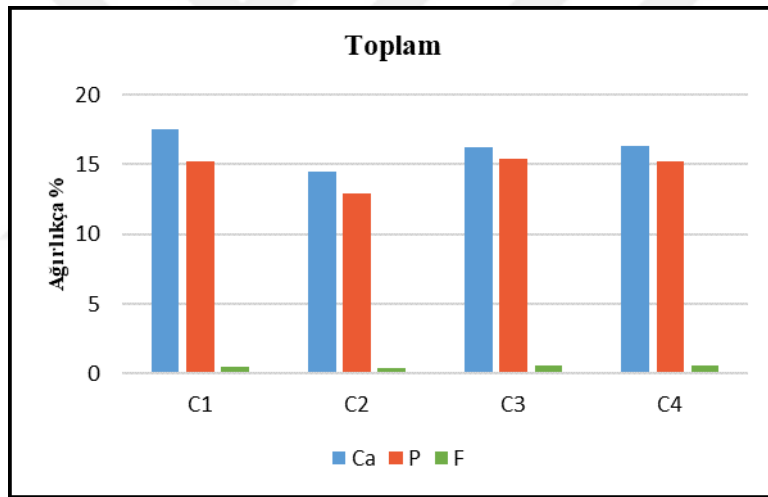
Tablo 4-17: C Grubu (Clinpro) Ca, P, F, Na, C ve O elementlerinin ve Ca/P oranlarının 0-20 µm derinlikte kesitsel taramayla yapılan elemental analizin gruplar arası alt gruplar arası istatistiksel olarak karşılaştırılması (%wt)

	C1 (Pozitif Kontrol)		C2 (Negatif Kontrol)		C3 (Clinpro)		C4 (Adeziv+Clinpro)		P
	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	
Ca	17,49	±5,01	14,44	±5,78	16,21	±4,23	16,33	±3,91	<0,001
P	15,24	±4,21	12,94	±5,03	15,40	±3,29	15,20	±3,65	<0,001
Ca/P	1,17	±,24	1,23	±,73	1,05	±,15	1,10	±,26	0,003
F	,52	±,18	,40	±,15	,62	±,23	,57	±,18	<0,001
Na	,58	±,20	,58	±,24	,65	±,25	,68	±,23	0,003
O	39,11	±4,20	39,47	±4,22	40,88	±5,03	38,85	±6,09	0,010
C	27,12	±8,74	32,16	±11,35	26,06	±10,60	28,57	±11,43	<0,001
P									
	C1-C2		C1-C3		C1-C4		C2-C3		C2-C4
Ca	<0,001		0,064		0,063		0,004		0,938
P	<0,001		0,499		0,449		<0,001		0,866
Ca/P	0,140		<0,001		0,012		0,067		0,361
F	<0,001		0,004		0,061		<0,001		0,190
Na	0,854		0,034		0,001		0,097		0,005
O	0,453		0,001		0,595		0,011		0,977
C	0,002		0,076		0,990		<0,001		0,014

Kruskal Wallis Testi, p<0,05

Demineralizasyon prosedürü sonrasında örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu görülmektedir. C2 grubunun Ca, P ve F seviyeleri, C1 grubunun Ca, P ve F seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşüktür ($p<0,001$, $p<0,001$, $p<0,001$).

Dinamik pH siklusu sonrasında materyal uygulanmış örneklerin Ca, P ve F seviyelerinde artış bulunmaktadır (Şekil 4-18). C3 ve C4 gruplarının Ca, P ve F seviyeleri, C2 grubunun Ca, P ve F seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir. Bu değerler C3 grubu için sırasıyla ($p:0,004$, $p<0,001$, $p<0,001$); C4 grubu için sırasıyla ($p:0,004$, $p:0,001$, $p<0,001$)'dir. C3 ve C4 grupları arasında Ca, P ve F seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0,938$, $p:0,866$, $p:0,397$).



Şekil 4-18: C grubu (Clinpro) Ca, P ve F elementlerinin 0-20 µm derinlikte kesitsel taramayla yapılan elemental analiz ortalamaları (%wt)

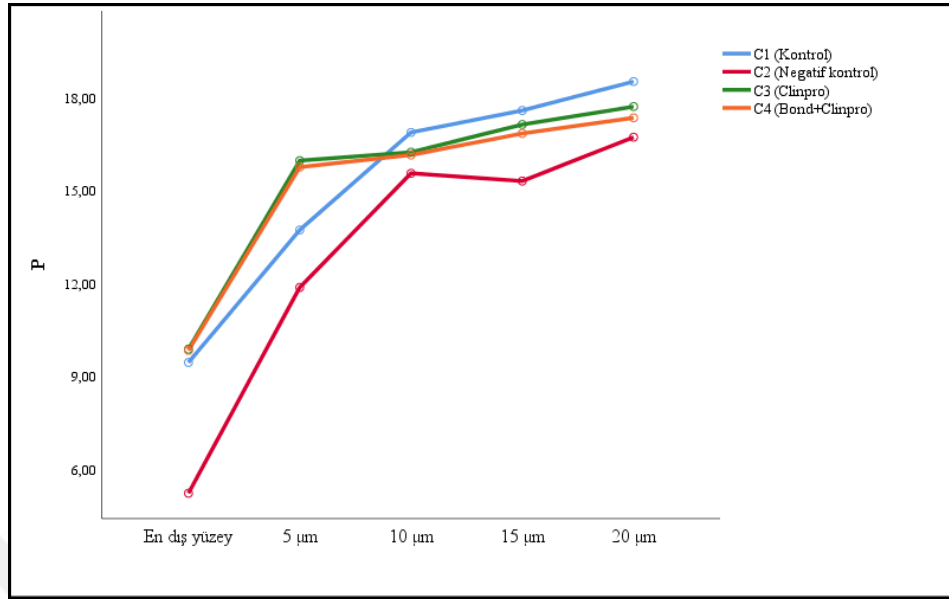
C (Clinpro) gruplarının Ca, P, F, Ca/P element ağırlıklarındaki değişimlerin 0-20 µm derinlikte belirlenen mesafelerde birbirleri ile karşılaştırılması;

C grubunda ölçülen mesafelere göre elementlerin seviyelerindeki değişim, alt gruplar arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4-18).

Tablo 4-18: C grubunda materyale olan mesafelere göre grup içi Ca, P ve F element ağırlıkları (%wt) ve Ca/P oranları

	C1		C2		C3		C4		p
	(Pozitif Kontrol)		(Negatif kontrol)		(Clinpro)		(Adeziv+Clinpro)		
	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	Ort	s.s.	
Ca (0 μm)	11,67	±4,92	7,22	±3,76	9,59	±2,63	10,86	±3,19	0,378
Ca (5 μm)	16,77	±4,28	14,08	±4,09	16,82	±2,28	16,82	±2,64	
Ca (10 μm)	19,95	±4,00	15,74	±5,24	17,19	±2,51	18,24	±2,21	
Ca (15 μm)	19,15	±3,30	17,45	±4,59	18,31	±2,91	17,31	±2,52	
Ca (20 μm)	19,93	±3,18	17,70	±4,18	19,14	±2,28	18,43	±3,19	
P (0 μm)	9,45	±3,98	5,22	±3,24	9,88	±2,24	9,84	±3,30	0,004
P (5 μm)	13,74	±3,53	11,88	±2,99	15,98	±1,91	15,77	±2,29	
P (10 μm)	16,89	±1,88	15,57	±2,13	16,25	±1,49	16,16	±1,49	
P (15 μm)	17,60	±1,34	15,32	±2,99	17,15	±1,65	16,86	±2,20	
P (20 μm)	18,54	±1,00	16,74	±2,56	17,73	±,95	17,36	±2,64	
Ca/P (0 μm)	1,27	±,25	1,74	±1,47	,97	±,18	1,19	±,49	0,045
Ca/P (5 μm)	1,26	±,29	1,21	±,32	1,06	±,17	1,08	±,14	
Ca/P (10 μm)	1,19	±,27	1,02	±,31	1,06	±,13	1,14	±,20	
Ca/P (15 μm)	1,08	±,13	1,14	±,23	1,07	±,15	1,04	±,18	
Ca/P (20 μm)	1,07	±,12	1,05	±,11	1,08	±,13	1,07	±,12	
F (0 μm)	,57	±,17	,38	±,13	,77	±,20	,70	±,18	0,037
F (5 μm)	,44	±,13	,37	±,14	,57	±,25	,52	±,18	
F (10 μm)	,64	±,25	,45	±,18	,57	±,20	,55	±,16	
F (15 μm)	,48	±,15	,43	±,16	,58	±,24	,57	±,18	
F (20 μm)	,49	±,13	,36	±,13	,60	±,21	,51	±,14	

Tekrarlayan Ölçümler Analizi, p<0,05



Şekil 4-19: P elementinin (%wt) mesafelere göre C grubunun (Clinpro) alt gruplarındaki değerleri

C2 grubunun P seviyelerinde meydana gelen artış diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır ($p:0,004$) (Şekil 4-19). C2 grubunun Ca/P oranında meydana gelen azalma diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır ($p:0,045$). C4 grubunun F seviyelerinde meydana gelen azalma diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır ($p:0,037$).

C grubunun (Clinpro) alt gruplarındaki element ağırlıklarının materyale olan mesafe ile korelasyonları;

C1, C2, C3 ve C4 gruplarında materyale olan mesafe ile Ca, P, F, Na, O ve C element ağırlıkları arasındaki korelasyona bakılmıştır (Tablo 4-19).

Tablo 4-19: C grubunun (Clinpro) alt gruplarındaki element ağırlıklarının materyale olan mesafe ile korelasyonları

		C1	C2	C3	C4
Ca	r	0,505	0,590	0,658	0,523
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
P	r	0,760	0,714	0,717	0,601
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Ca/P	r	-0,322	-0,185	0,266	-0,003
	p	0,002	0,081	0,011	0,977
F	r	-0,098	0,017	-0,188	-0,241
	p	0,358	0,872	0,075	0,022
Na	r	0,247	0,457	0,354	0,415
	p	0,019	<0,001	0,001	<0,001
O	r	0,231	0,182	0,329	0,464
	p	0,029	0,086	0,002	<0,001
C	r	-0,770	-0,689	-0,649	-0,652
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Spearman Korelasyon Testi, $p < 0,05$

Tüm grupların Ca ve P seviyelerinde, mesafe artışı ile aynı yönlü korelasyon olduğu istatistiksel olarak saptanmıştır. C1, C2, C3, C4 grupları için istatistiksel olarak anlamlı aynı yönlü korelasyon değerleri Ca elementi için sırasıyla (r:0,505, $p < 0,001$) (r:0,590, $p < 0,001$) (r:0,658, $p < 0,001$) (r:0,523, $p < 0,001$); P elementi için sırasıyla (r:0,760, $p < 0,001$) (r:0,714, $p < 0,001$) (r:0,717, $p < 0,001$) (r:0,601, $p < 0,001$)’dir ve ve P seviyesindeki artışın en çok 5 μm mesafede gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 4-19). Ca/P oranı ile mesafe artışı arasında C3 grubunda istatistiksel olarak anlamlı aynı yönlü (r: 0,266, $p:0,011$), C1 grubunda istatistiksel olarak anlamlı ters yönlü (r:-0,322, $p:0,002$) korelasyon olduğu görülmektedir.

C4 grubunun F seviyesi ile mesafe artışı arasında istatistiksel olarak anlamlı ters yönlü korelasyon olduğu görülmektedir (r:-0,241, $p:0,022$).

Demineralizasyon prosedürü ve dinamik pH siklusunun ardından C (Clinpro) gruplarının Ca, P ve F element ağırlıklarındaki değişim miktarlarının belirlenen mesafelerde gruplar arası karşılaştırılması;

Demineralizasyon prosedürü ve fissür örtücü uygulamaları sonrası gerçekleştirilen dinamik pH siklusunun ardından, C1, C2, C3 ve C4 gruplarında meydana gelen Ca, P ve F elementlerinin ağırlıkça değişim oranları tüm mesafelerde gruplar arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4-20).

Tablo 4-20: C (Clinpro) alt gruplarının birbirleriyle ve Ca, P ve F elementlerinin ağırlıkça değişim yüzdelerinin derinlikle korelasyonu

		C1-C3	C1-C4	C2-C3	C2-C4
Ca	r	0,024	-0,107	-0,200	-0,274
	p	0,823	0,314	0,059	0,009
P	r	-0,286	-0,184	-0,469	-0,348
	p	0,006	0,082	<0,001	0,001
F	r	-0,079	-0,099	-0,135	-0,210
	p	0,461	0,354	0,204	0,047

Spearman Korelasyon Testi

C2-C4 grupları arası Ca değişim yüzdesi ile derinlik arasında istatistiksel olarak anlamlı ters yönlü korelasyon bulunmaktadır (r:-0,274, p:0,009). Materyale olan mesafe arttıkça, Ca seviyesinin artma oranı azalmıştır.

C1-C4 grupları hariç, tüm gruplar arası P değişim yüzdesi ile derinlik arasında istatistiksel olarak anlamlı ters yönlü korelasyon bulunmaktadır (r:-0,286, p:0,006) (r:-0,469, p<0,001) (r:-0,348, p:0,001). Materyale olan mesafe arttıkça, P seviyesinin artma oranı azalmıştır (Şekil 4-19).

C2-C4 grupları arası F değişim yüzdesi ile derinlik arasında istatistiksel olarak anlamlı ters yönlü korelasyon bulunmaktadır (r:-0,210, p:0,047). Materyale olan mesafe arttıkça, F seviyesinin artma oranı azalmıştır.

4.2.3. B ve C Gruplarının Elemental Analiz Yönünden Karşılaştırılması

Demineralizasyon prosedürü ve fissür örtücü uygulamaları sonrası gerçekleştirilen dinamik pH siklusunun ardından, pozitif kontrol (B1 ve C1) ve negatif kontrol (B2 ve C2) gruplarına göre B ve C çalışma gruplarında (B3, B4 ve C3, C4) meydana gelen Ca, P ve F elementlerinin ağırlıkça değişim oranları tüm mesafelerde gruplar arasında karşılaştırılmıştır.

4.2.3.1. SEM/EDX Elemental Analiz Bulgularında B2-B3 Gruplarının Element Ağırlık Değişimi ile C2-C3 Element Ağırlık Değişim Oranlarının Tüm Mesafelerde Karşılaştırılması (%wt)

Negatif kontrol gruplarında (B2 ve C2) ve sadece fissür örtücü uygulanmış 3 numaralı çalışma gruplarında meydana gelen Ca, P ve F element ağırlık değişim oranları (%wt) B3 ve C3 grupları arasında tüm mesafelerde karşılaştırılmıştır (Tablo 4-21).

Tablo 4-21: B2-B3 ve C2-C3 gruplarında meydana gelen element ağırlık değişim oranlarının karşılaştırılması (%wt)

		B2-B3		C2-C3		P
		Ort	s.s.	Ort	s.s.	
0 μ m	Ca	135,75	$\pm 82,96$	101,37	$\pm 181,07$	0,021
	P	153,38	$\pm 92,58$	191,92	$\pm 214,79$	0,569
	F	145,74	$\pm 79,20$	118,59	$\pm 73,51$	0,268
5 μ m	Ca	207,56	$\pm 266,72$	30,87	$\pm 53,32$	0,001
	P	210,3	$\pm 212,99$	45,54	$\pm 54,23$	0,001
	F	139,13	$\pm 115,09$	87,19	$\pm 128,63$	0,094
10 μ m	Ca	152,06	$\pm 191,88$	23,68	$\pm 55,88$	0,001
	P	159	$\pm 202,30$	5,3	$\pm 9,19$	0,001
	F	83,51	$\pm 73,33$	44,24	$\pm 79,24$	0,037
15 μ m	Ca	118,28	$\pm 191,69$	10,41	$\pm 28,43$	0,005
	P	147,14	$\pm 178,51$	14,97	$\pm 19,38$	0,001
	F	139,55	$\pm 155,69$	53,89	$\pm 76,13$	0,094
20 μ m	Ca	78,71	$\pm 121,64$	12,1	$\pm 21,86$	0,018
	P	128,5	$\pm 168,62$	8,04	$\pm 16,04$	<0,001
	F	74,21	$\pm 52,60$	88,68	$\pm 86,23$	0,752
Toplam	Ca	138,47	$\pm 183,27$	35,69	$\pm 93,79$	<0,001
	P	159,66	$\pm 174,33$	53,15	$\pm 120,78$	<0,001
	F	116,43	$\pm 104,31$	78,52	$\pm 92,95$	0,005

Mann Whitney U Testi, $p < 0,05$

0 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyalle temasta bulunan (0 μm) mine yüzeyinde B3 grubunda B2 grubuna göre gerçekleşen Ca seviyesinin artışı, C3 grubunda C2 grubuna göre gerçekleşen Ca seviyesinin artışına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır (p:0,021).

5 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyale 5 μm mesafede incelenen mine dokusunda B3 grubunda B2 grubuna göre gerçekleşen Ca ve P seviyelerinin artışı, C3 grubunda C2 grubuna göre gerçekleşen Ca ve P seviyelerinin artışına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır (p:0,001, p:0,001).

10 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyale 10 μm mesafede incelenen mine dokusunda B3 grubunda B2 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F seviyelerinin artışı, C3 grubunda C2 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F seviyelerinin artışına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır (p:0,001, p:0,001, p: 0,037).

15 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyale 15 μm mesafede incelenen mine dokusunda B3 grubunda B2 grubuna göre gerçekleşen Ca ve P seviyelerinin artışı, C3 grubunda C2 grubuna göre gerçekleşen Ca ve P seviyelerinin artışına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır (p:0,005, p:0,001).

20 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyale 20 μm mesafede incelenen mine dokusunda B3 grubunda B2 grubuna göre gerçekleşen Ca ve P seviyelerinin artışı, C3 grubunda C2 grubuna göre gerçekleşen Ca ve P seviyelerinin artışına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır (p:0,018, p<0,001).

Tüm mesafeler (Toplam): 0-20 μm derinlikte kesitsel incelemede elde edilen toplam değerlerin ortalaması istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Dinamik pH siklusu sonrası tüm mesafelerde incelenen mine dokusunda B3 grubunda B2 grubuna göre gerçekleşen toplam Ca, P ve F seviyelerinin artışı, C3 grubunda C2 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F seviyelerinin artışına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır (p<0,001, p<0,001, p:0,005).

4.2.3.2. SEM/EDX Elemental Analiz Bulgularında B2-B4 Gruplarının Element Ağırlık Değişimi ile C2-C4 Element Ağırlık Değişim Oranlarının Tüm Mesafelerde Karşılaştırılması (%wt)

Negatif kontrol gruplarında (B2 ve C2) ve adeziv ile birlikte fissür örtücü uygulanmış 4 numaralı çalışma gruplarında meydana gelen Ca, P ve F element ağırlık değişim oranları (%wt) B4 ve C4 grupları arasında tüm mesafelerde karşılaştırılmıştır (Tablo 4-22).

Tablo 4-22: B2-B4 ve C2-C4 gruplarında meydana gelen element ağırlık değişim oranlarının karşılaştırılması (%wt)

		B2-B4		C2-C4		P
		Ort	s.s.	Ort	s.s.	
0 µm	Ca	113,2	±76,93	122,12	±182,31	0,217
	P	140,3	±88,43	194,29	±205,24	0,874
	F	145,81	±84,82	102,37	±71,29	0,094
5 µm	Ca	193,41	±252,38	34,84	±68,46	0,015
	P	201,08	±216,79	45,19	±61,46	0,003
	F	120,49	±132,12	60,04	±89,57	0,046
10 µm	Ca	153,28	±212,97	32,39	±60,74	0,008
	P	157,4	±205,98	4,96	±12,47	0,001
	F	71,06	±72,69	42,5	±80,56	0,094
15 µm	Ca	114,68	±195,73	6,97	±36,14	0,021
	P	147,86	±182,22	14,8	±29,42	0,003
	F	97,14	±135,36	46,83	±67,62	0,217
20 µm	Ca	73,63	±120,79	10,62	±33,50	0,255
	P	123,69	±156,06	6,75	±25,21	0,002
	F	68,45	±60,10	59,19	±61,76	0,613
Toplam	Ca	129,64	±183,67	41,38	±100,93	<0,001
	P	154,06	±173,93	53,2	±119,70	<0,001
	F	100,59	±103,87	62,19	±76,16	0,003

Mann Whitney U Testi, p<0,05

0 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyalle temasta bulunan (0 μm) mine yüzeyinde B4 grubunda B2 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F element seviyelerinin artışı ile C4 grubunda C2 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F element seviyelerinin artışı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

5 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyale 5 μm mesafede incelenen mine dokusunda B4 grubunda B2 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F seviyelerinin artışı, C4 grubunda C2 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F seviyelerinin artışına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır (p:0,015, p:0,003, p: 0,046).

10 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyale 10 μm mesafede incelenen mine dokusunda B4 grubunda B2 grubuna göre gerçekleşen Ca ve P seviyelerinin artışı, C4 grubunda C2 grubuna göre gerçekleşen Ca ve P seviyelerinin artışına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır (p:0,008, p:0,001).

15 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyale 15 μm mesafede incelenen mine dokusunda B4 grubunda B2 grubuna göre gerçekleşen Ca ve P seviyelerinin artışı, C4 grubunda C2 grubuna göre gerçekleşen Ca ve P seviyelerinin artışına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır (p:0,021, p:0,003).

20 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyale 20 μm mesafede incelenen mine dokusunda B4 grubunda B2 grubuna göre gerçekleşen P seviyesinin artışı, C4 grubunda C2 grubuna göre gerçekleşen P seviyesinin artışına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır (p:0,002).

Tüm mesafeler (Toplam): 0-20 μm derinlikte kesitsel incelemede elde edilen toplam değerlerin ortalaması istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Dinamik pH siklusu sonrası tüm mesafelerde incelenen mine dokusunda B4 grubunda B2 grubuna göre gerçekleşen toplam Ca, P ve F seviyelerinin artışı, C4 grubunda C2 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F seviyelerinin artışına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır (p<0,001, p<0,001, p:0,003).

4.2.3.3. SEM/EDX Elemental Analiz Bulgularında B1-B3 Gruplarının Element Ağırlık Değişimi ile C1-C3 Element Ağırlık Değişim Oranlarının Tüm Mesafelerde Karşılaştırılması (%wt)

Kontrol gruplarında (B1 ve C1) ve sadece fissür örtücü uygulanmış 3 numaralı çalışma gruplarında meydana gelen Ca, P ve F element ağırlık değişim oranları (%wt) B3 ve C3 grupları arasında tüm mesafelerde karşılaştırılmıştır (Tablo 4-23).

Tablo 4-23: B1-B3 ve C1-C3 gruplarında meydana gelen element ağırlık değişim oranlarının karşılaştırılması (%wt)

		B1-B3		C1-C3		P
		Ort	s.s.	Ort	s.s.	
0 µm	Ca	56,03	±48,60	-7,81	±37,55	<0,001
	P	56,12	±44,22	18,25	±44,85	0,037
	F	55,19	±42,15	48,37	±67,56	0,359
5 µm	Ca	5,18	±29,84	5,03	±23,31	0,95
	P	13,97	±30,30	25,4	±41,44	0,376
	F	106,45	±107,92	41,61	±74,81	0,054
10 µm	Ca	2,48	±19,00	-9,91	±24,11	0,071
	P	6,74	±10,53	-2,83	±11,99	0,034
	F	38,31	±43,77	5,01	±69,89	0,005
15 µm	Ca	1,09	±15,80	-1,03	±25,44	0,681
	P	2,93	±9,90	-1,83	±13,44	0,311
	F	13,11	±39,35	29,36	±52,05	0,496
20 µm	Ca	-1,99	±19,41	-2,03	±17,64	0,899
	P	0,98	±11,68	-4,15	±6,86	0,088
	F	13,11	±39,35	29,36	±52,05	0,496
Toplam	Ca	12,56	±35,96	-3,15	±26,38	0,006
	P	16,15	±32,23	6,97	±30,62	0,005
	F	57,32	±79,33	31,38	±66,31	0,013

Mann Whitney U Testi, p<0,05

0 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyalle temasta bulunan (0 μm) mine yüzeyinde B3 grubunda B1 grubuna göre gerçekleşen Ca ve P element seviyelerinin artışı, C3 grubunda C1 grubuna göre gerçekleşen Ca ve P element seviyelerinin artışına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır ($p<0,001$, $p:0,037$).

5 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyale 5 μm mesafede incelenen mine dokusunda B3 grubunda B1 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F element seviyelerinin değişimi ile C3 grubunda C1 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F element seviyelerinin değişimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

10 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyale 10 μm mesafede incelenen mine dokusunda B3 grubunda B1 grubuna göre gerçekleşen P ve F seviyelerinin artışı, C3 grubunda C1 grubuna göre gerçekleşen P ve F seviyelerinin artışına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır ($p:0,034$, $p:0,005$).

15 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyale 15 μm mesafede incelenen mine dokusunda B3 grubunda B1 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F element seviyelerinin değişimi ile C3 grubunda C1 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F element seviyelerinin değişimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

20 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyale 20 μm mesafede incelenen mine dokusunda B3 grubunda B1 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F element seviyelerinin değişimi ile C3 grubunda C1 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F element seviyelerinin değişimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

Tüm mesafeler (Toplam): 0-20 μm derinlikte kesitsel incelemede elde edilen toplam değerlerin ortalaması istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Dinamik pH siklusu sonrası tüm mesafelerde incelenen mine dokusunda B3 grubunda B1 grubuna göre gerçekleşen toplam Ca, P ve F seviyelerinin artışı, C3 grubunda C1 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F seviyelerinin artışına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır ($p:0,006$, $p:0,005$, $p:0,013$).

4.2.3.4. SEM/EDX Elemental Analiz Bulgularında B1-B4 Gruplarının Element Ağırlık Değişimi ile C1-C4 Element Ağırlık Değişim Oranlarının Tüm Mesafelerde Karşılaştırılması (%wt)

Kontrol gruplarında (B1 ve C1) ve adeziv ile birlikte fissür örtücü uygulanmış 4 numaralı çalışma gruplarında meydana gelen Ca, P ve F element ağırlık değişim oranları (%wt) B4 ve C4 grupları arasında tüm mesafelerde karşılaştırılmıştır (Tablo 4-24).

Tablo 4-24: B1-B4 ve C1-C4 gruplarında meydana gelen element ağırlık değişim oranlarının karşılaştırılması (%wt)

		B1-B4		C1-C4		P
		Ort	s.s.	Ort	s.s.	
0 μm	Ca	42,66	$\pm 48,51$	1,3	$\pm 33,52$	0,006
	P	46,95	$\pm 38,47$	15,34	$\pm 49,67$	0,018
	F	54,53	$\pm 43,21$	38,08	$\pm 67,07$	0,195
5 μm	Ca	-0,92	$\pm 27,12$	6,11	$\pm 30,54$	0,527
	P	9,15	$\pm 31,88$	24,51	$\pm 44,67$	0,242
	F	84,1	$\pm 96,21$	27,43	$\pm 63,76$	0,058
10 μm	Ca	-0,56	$\pm 14,08$	-4,8	$\pm 23,19$	0,359
	P	5,15	$\pm 11,12$	-3,44	$\pm 11,51$	0,029
	F	29,07	$\pm 52,87$	5,49	$\pm 68,78$	0,117
15 μm	Ca	-1,34	$\pm 14,77$	-7,74	$\pm 17,36$	0,155
	P	2,63	$\pm 10,58$	-3,97	$\pm 12,70$	0,107
	F	29,34	$\pm 67,85$	34,86	$\pm 84,85$	0,987
20 μm	Ca	-4,84	$\pm 22,31$	-6,63	$\pm 16,36$	0,975
	P	-0,31	$\pm 13,22$	-6,36	$\pm 13,43$	0,296
	F	5,89	$\pm 31,55$	11,03	$\pm 40,59$	0,874
Toplam	Ca	7	$\pm 32,99$	-2,35	$\pm 25,14$	0,049
	P	12,71	$\pm 29,35$	5,22	$\pm 33,14$	0,005
	F	40,59	$\pm 66,68$	23,38	$\pm 66,32$	0,032

Mann Whitney U Testi, $p < 0,05$

0 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyalle temasta bulunan (0 μm) mine yüzeyinde B4 grubunda B1 grubuna göre gerçekleşen Ca ve P element seviyelerinin artışı, C4 grubunda C1 grubuna göre gerçekleşen Ca ve P element seviyelerinin artışına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır ($p:0,006$, $p:0,018$) ($p<0,05$).

5 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyale 5 μm mesafede incelenen mine dokusunda B4 grubunda B1 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F element seviyelerinin değişimi ile C4 grubunda C1 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F element seviyelerinin değişimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

10 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyale 10 μm mesafede incelenen mine dokusunda B4 grubunda B1 grubuna göre gerçekleşen P seviyesinin artışı, C4 grubunda C4 grubuna göre gerçekleşen P seviyesinin artışına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır ($p:0,029$) ($p<0,05$).

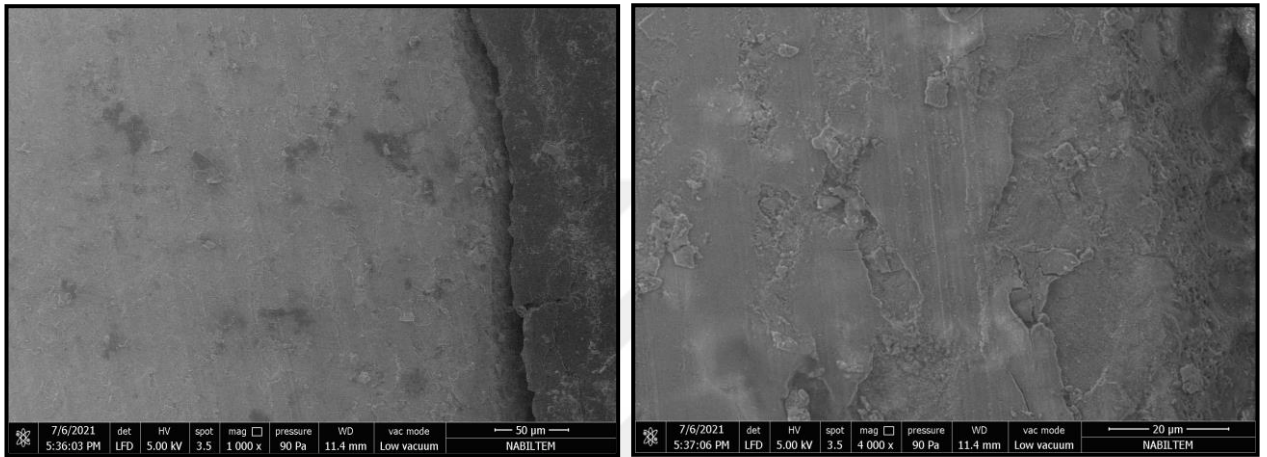
15 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyale 15 μm mesafede incelenen mine dokusunda B4 grubunda B1 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F element seviyelerinin değişimi ile C4 grubunda C1 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F element seviyelerinin değişimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

20 μm : Dinamik pH siklusu sonrası materyale 20 μm mesafede incelenen mine dokusunda B4 grubunda B1 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F element seviyelerinin değişimi ile C4 grubunda C1 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F element seviyelerinin değişimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

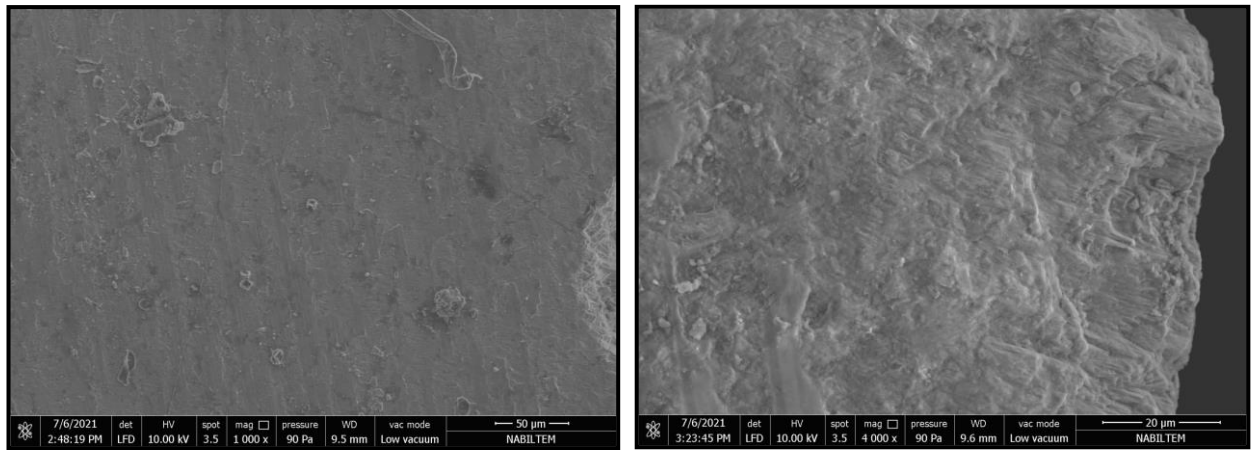
Tüm mesafeler (Toplam): 0-20 μm derinlikte kesitsel incelemede elde edilen toplam değerlerin ortalaması istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Dinamik pH siklusu sonrası tüm mesafelerde incelenen mine dokusunda B4 grubunda B1 grubuna göre gerçekleşen toplam Ca, P ve F seviyelerinin artışı, C4 grubunda C1 grubuna göre gerçekleşen Ca, P ve F seviyelerinin artışına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır ($p:0,049$, $p:0,005$, $p:0,032$) ($p<0,05$).

4.2.4. Remineralizasyon Deneylerinin SEM Görüntüleri

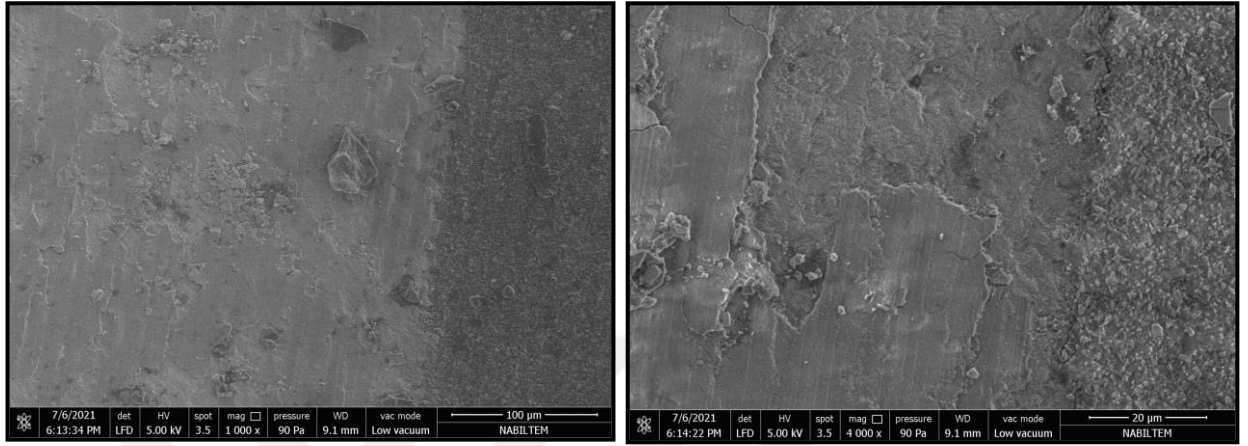
4.2.4.1. B Grubunun SEM Görüntüleri



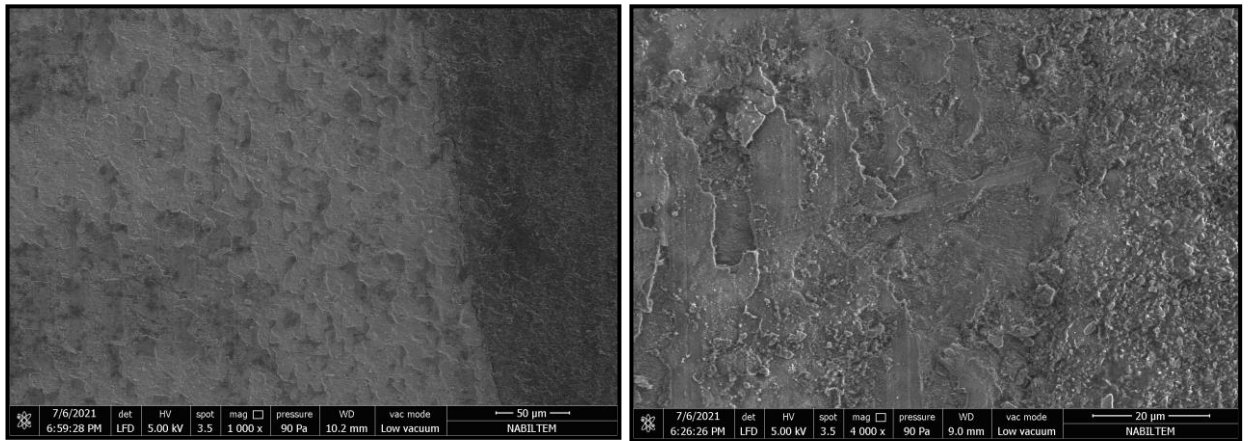
Şekil 4-20: B1 (pozitif kontrol) grubunun SEM görüntüleri (1000x ve 4000x büyütme)



Şekil 4-21: B2 (negatif kontrol) grubunun SEM görüntüleri (1000x ve 4000x büyütme)

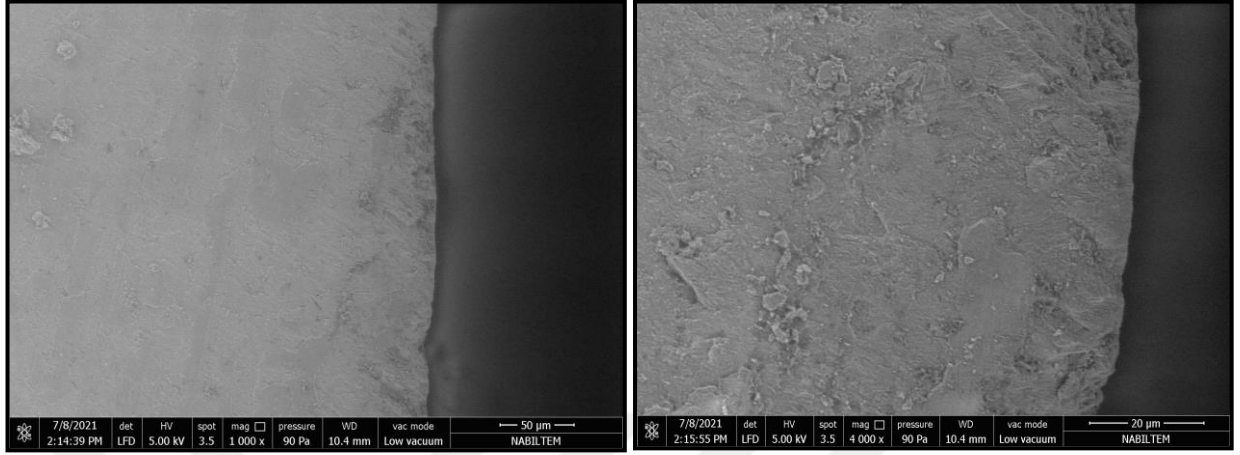


Şekil 4-22: B3 (BioCoat) grubunun SEM görüntüleri (1000x ve 4000x büyütme)

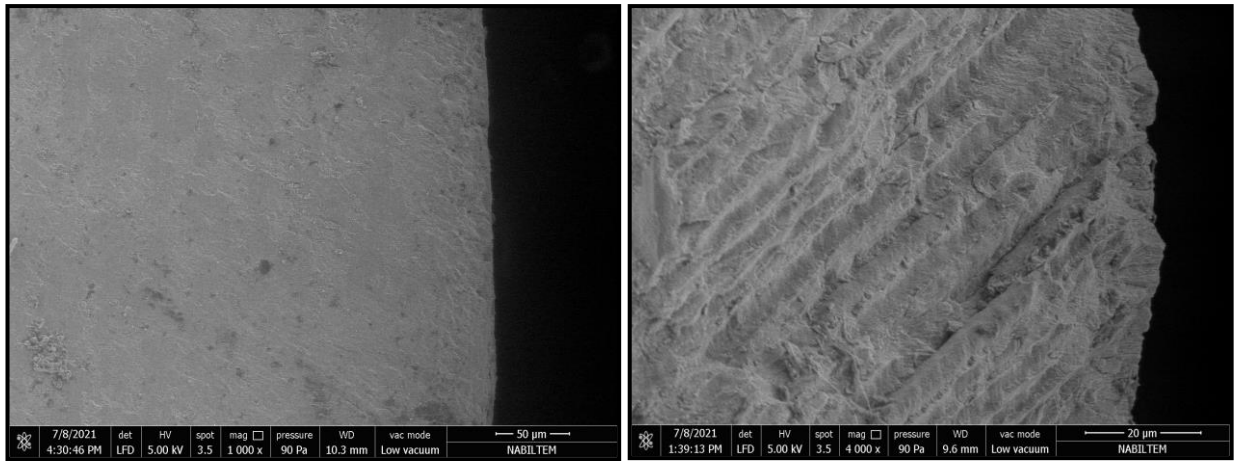


Şekil 4-23: B4 (Adeziv+BioCoat) grubunun SEM görüntüleri (1000x ve 4000x büyütme)

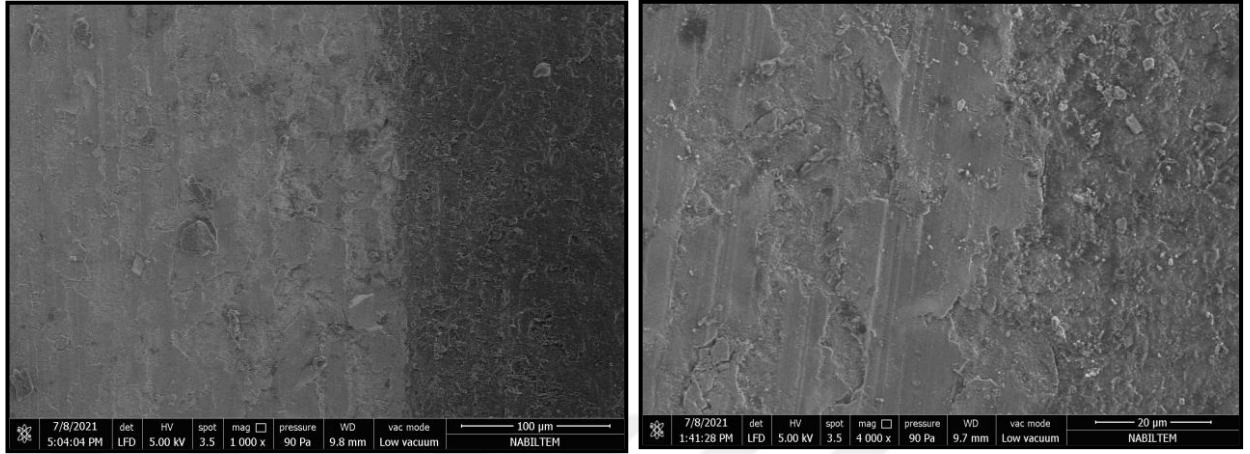
4.2.4.2. C Grubunun SEM Görüntüleri



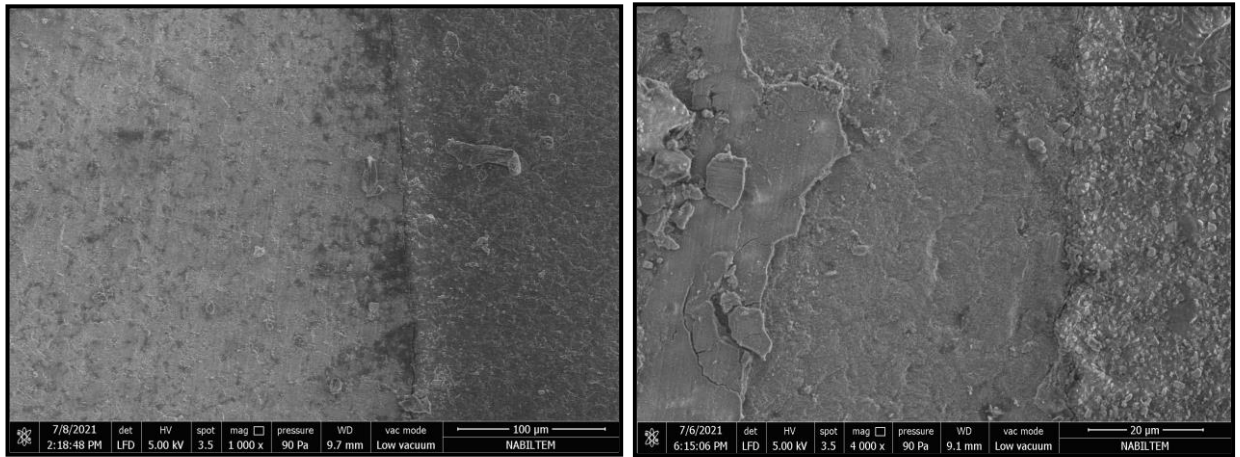
Şekil 4-24: C1 (pozitif kontrol) grubunun SEM görüntüleri (1000x ve 4000x büyütme)



Şekil 4-25: C2 (negatif kontrol) grubunun SEM görüntüleri (1000x ve 4000x büyütme)



Şekil 4-26: C3 (Clinpro) grubunun SEM görüntüleri (1000x ve 4000x büyütme)



Şekil 4-27: C4 (Adeziv+Clinpro) grubunun SEM görüntüleri (1000x ve 4000x büyütme)

5. TARTIŞMA

Çocuklarda ve genç erişkinlerde pit ve fissür örtücü kullanımının, pit ve fissür çürüklerini önlemede en etkili yöntem olduğu belirtilmiştir. Diş mikromekanik bağlanarak bakteri ile diş arasında fiziksel bir bariyer oluşturan pit ve fissür örtücülerin, minede demineralizasyon veya çürük varlığında dahi kullanımlarını öneren birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar, rezin bazlı örtücülerin poröz mine yapısına penetre olarak mineye destek olduğunu ayrıca bakterileri substrattan ayırarak mine çürüğünün ilerlemesini engellediğini bildirmişlerdir (197,328,329).

Çürük oluşumunun önüne geçebilmek amacıyla materyal ile diş arasında meydana gelen asidik ortamı nötralize edebilen, diş yüzeyinde remineralizasyona katkı sağlayabilen dental materyallerin üzerine yoğunlaşmıştır (330,331). Demineralizasyonu azaltabilen ve remineralizasyonu destekleyebilen flor iyonunun etkinliği, ortamda çözünürlüğünü etkilemeyecek oranda kalsiyum ve fosfat iyonlarının varlığı ile artabilmektedir. Bundan dolayı kalsiyum, fosfat ve flor iyonlarının fissür örtücüler gibi dental materyallerin yapısına eklenmesiyle mine remineralizasyonuna katkıda bulunulabileceği düşünülmektedir (332). **Bu çalışmada; kalsiyum, fosfat ve florür iyonik solüsyonlarını içeren poliüretan mikrokapsül içerikli, doldurucu içeren, rezin bazlı biyoaktif (BioCoat, Premier Dental Products, ABD) fissür örtücünün, demineralize minede mikrosızıntı ve remineralizasyon üzerine etkisini değerlendirmek ve bu etkilerini flor salabilme yeteneği olduğu bilinen, doldurucu içermeyen rezin bazlı başka bir fissür örtücüyle (Clinpro, 3M ESPE, Almanya) karşılaştırılması amaçlanmıştır.**

Fissür örtücülerin çürük oluşumunu önleyebilmeleri için dişteki pit ve fissürleri doldurarak mineye tam bir bağlanma göstermeleri gerekmektedir. Diş ve fissür örtücü arasında kalan küçük boşluklar mikrosızıntıya neden olarak bakteriyel invazyona ve sekonder çürük oluşumuna zemin hazırlamaktadır. Bundan dolayı tedavinin başarısı temel olarak materyalin diş bağlanma kuvveti ile diş ve fissür örtücü arasındaki adaptasyona bağlıdır. Fissür örtücünün diş bağlanmasında etkili olduğu düşünülen faktörlerden bir tanesi, fissür örtücü uygulamalarında adeziv sistemlerin kullanımıdır. Adeziv sistem kullanımının retansiyonu artırdığını ve mikrosızıntıyı önlediğini ileri süren çalışmalar bulunsada bu konuda henüz kesin bir kanıya varılmamıştır. Bonding

ajanı ile birlikte uygulanan fissür örtücülerin etkinliğinin, materyal seçimine bağlı olarak değişebildiği düşünülmektedir (327,330,333). **Bu bilgiler ışığında bu çalışmada; Etch and Rinse (ER) modunda uygulanan 3M ESPE Single Bond Universal Adhesive ile fissür örtücü uygulamalarının mikrosızıntı ve remineralizasyon üzerine etkilerini incelemek amaçlanmıştır.**

5.1. Deneylere Hazırlık Aşamalarının Tartışılması

Çekilmiş insan dişleri üzerinde yapılmış olan mikrosızıntı ve remineralizasyon çalışmaları incelendiğinde; deneylere dahil edilen dişlerin seçilme kriterlerinde dişlerde çürük, çatlak ya da kırık olmamasına dikkat edilmiştir. Genellikle herhangi bir yaş sınırlaması kriterler arasına dahil edilmemiş olup; molar veya premolar dişleri üzerinde deneyler gerçekleştirilmiştir (329,334–336).

Bu çalışmada; periodontal sorun veya yer darlığı gibi sebeplerle çekilmiş olan, çürük, çatlak ya da kırık bulunmayan 52 adet sürmüş 3. büyük azı dişleri, 20-40 yaş aralığındaki ve gönüllü onam formunu onaylayan kişilerden elde edilip kullanılmıştır.

Mikrosızıntı ve remineralizasyon deneylerinde kullanılacak olan dişler, çekim sonrasında çeşitli saklama solüsyonlarında bekletilmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde; distile su, serum fizyolojik, formaldehit ve çeşitli konsantrasyonlardaki timol ve kloramin solüsyonları sık tercih edilen saklama solüsyonlarıdır. %0.1'lik timollü salinin, örnekler üzerinde histolojik olarak değişiklik yapmadan antimikrobiyal etki göstereceği belirtilmiştir (327,329,330,334,337,338).

Bu çalışmada; dişler çekim sonrasında %4 formaldehit içeren sıvı içerisinde 48 saat bekletilmiş olup sonrasında serum fizyolojik ile yıkanmış; Küçükylmaz E ve ark. (2016)'ın uyguladığı gibi 1 ay içerisinde kullanılmak üzere, +4°C'de, %0,1'lik timol solüsyonunda bekletilmiştir.

Başlangıç çürük lezyonlarında dental materyallerin uygulanması sonrası gerçekleşebilen mikrosızıntı ve remineralizasyonun gelişme mekanizmasını veya materyallerin remineralizasyon yeteneklerini değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmalarda yapay çürük modellerinden/ demineralizasyon uygulama yöntemlerinden faydalanılmaktadır. **Al Jawish A ve ark. (2021)** ise çalışmalarında, diş örneklerini demineralize edebilmek amacıyla pH siklus modelinden faydalanmışlardır. Diş

örneklerini, 2 mmol/L CaCl_2 , 2 mmol/L NaH_2PO_4 ve 50 mmol/L asetik asit içeren demineralizasyon solüsyonunda (pH:4,5) günde 4 saat; 2 mmol/L CaCl_2 ve 2 mmol/L NaH_2PO_4 içeren remineralizasyon solüsyonunda (pH:6,8) günde 20 saat olacak şekilde, 4 gün boyunca bekletmişlerdir. **Arora TC ve ark. (2019)** çalışmalarında yapay mine lezyonları oluşturabilmek amacıyla, çekilmiş dişleri 12 mM CaCl_2 , 10 mM KH_2PO_4 , 50 mM laktik asit ve 100 mM NaCl_2 içeren solüsyonda (pH:4,5), 37 °C’de, günde 6 saat olacak şekilde 4 gün boyunca bekletmişlerdir. **Memarpour M ve ark. (2019)**, ağız ortamında gelişen başlangıç çürük lezyonlarını taklit edebilmek amacıyla; çalışmada kullanılacak olan dişleri, 6 µM metil hidroksidifosfanat, 50 mM laktik asit, 3 mM kalsiyum klorid dihidrat ve 3 mM potasyum dihidrojen fosfat içeren demineralizasyon solüsyonunda (pH:4,5), 37 °C’de 96 saat boyunca bekletmişlerdir. **Zhou J ve ark., (2012)**, diş örneklerini, %50 hidroksiapatit ile doyurulmuş 0,1 mol/L laktik asit ve %6 karboksimetilselüloz içeren demineralizasyon solüsyonunda (pH:5), inkübatörde 37 °C’de, 48 saat boyunca bekletmişlerdir. **Weir MD ve ark. (2012)** in vitro çalışmalarında, çürük benzeri yüzeyaltı mine lezyonları oluşturabilmek amacıyla, çekilmiş dişleri 8.7 mmol/L CaCl_2 , 8.7 mmol/L KH_2PO_4 , NaF’den elde edilen 0.05 ppm F ve 75 mmol/L asetik asit içeren asidik solüsyonda (pH:4), inkübatörde 37°C’de, 72 saat bekletmişlerdir (232,334,336,339–341).

Bu çalışmada; **Weir MD ve ark. (2012)**’nın çalışmalarında uyguladıkları asit tamponlarının kullanıldığı in vitro demineralizasyon prosedürü tercih edilmiş, çekilmiş diş örnekleri 8.7 mmol/L CaCl_2 , 8.7 mmol/L KH_2PO_4 , NaF’den elde edilen 0.05 ppm F ve 75 mmol/L asetik asit içeren (pH:4) asidik solüsyonda inkübatörde 37°C’de 72 saat bekletilmiştir. Erken dönem çürük lezyonları oluşturabilmek amacıyla bu yöntemin tercih edilmesinin sebebi; **Weir MD ve ark. (2012)**’nin makalesinde bu yöntemin daha önce **Langhorst SE ve ark. (2009)** tarafından kullanıldığı ve yüzeyaltı minede lezyon oluşumunun gözlemlendiğinin belirtilmesidir. Mikrosızıntı deneylerinde bulunan diş örneklerine demineralizasyon prosedürü öncesinde herhangi bir ön işlem uygulanmamış olup; örnekler oldukları haliyle solüsyonda bekletilmiştir. Remineralizasyon deneylerinde ise; demineralizasyon prosedürü öncesinde diş örneklerinin bukkal ve lingual yüzeylerine oje uygulaması yapılarak, her yüzeyde ikişer adet olmak üzere, 2 mm x 2 mm boyutlarında toplam 4 adet pencere oluşturulmuştur. Pencerelerin numaralandırılması sonrasında 1 numaralı pencereler kontrol grubu

olarak tasarlanmış; demineralizasyon prosedüründen etkilenmemeleri için yüzeyleri farklı bir renk oje ile kapatılmıştır.

Demineralizasyon prosedürünün etkinliğini değerlendirmek için çeşitli yöntemlerden faydalanılmaktadır. Görsel veya dokusal muayenelerin etkinlikleri, kavite gözlenmeyen yapay çürük lezyonlarının teşhisinde yetersiz kalabilmektedir. **Cochrane NJ ve ark. (2012)**, mine demineralizasyonunu değerlendirmek amacıyla QLF, dijital fotoğrafların (DP) kullanımı ve mikroradyografi yöntemlerinden faydalanılabileceğini, mikroradyografinin altın standart olarak kabul edildiğini ve QLF kullanımının DP'ye göre daha kolay olduğunu bildirmişlerdir. **Jayarajan J ve ark. (2011)**, yapay çürük modelleri üzerinde CPP-ACP ve CPP-ACFP içerikli remineralizasyon ajanlarının etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında, demineralizasyon prosedürü sonrası oluşan yüzey lezyonlarının varlığını DIAGNOdent cihazı ile teyit etmişlerdir. **Celiberti P ve ark. (2007)**, fissür örtücülerin yapay ve doğal mine çürüklerindeki penetrasyon kabiliyetlerini ve mikrosızıntı oluşumlarını inceledikleri çalışmalarında, yapay mine çürüğü oluşumunu gözlemlemek amacıyla DIAGNOdent kullanmışlardır ve bu yöntemin geleneksel radyografi yöntemlerine göre çürük tespitinde daha başarılı olduğunu ileri sürmüşlerdir (329,342,343).

Bu çalışmada; Jayarajan J ve ark. (2011) ve Celiberti P ve ark. (2007) 'nın çalışmalarında kullandığı gibi demineralizasyon işlemi öncesi ve sonrası değişimlerin saptanabilmesi amacıyla lazer floresans (KaVo DIAGNOdent) cihazı kullanılmıştır.

Fissür örtücü uygulamaları öncesinde asit uygulaması ile mine yüzeyinin enerjisini artırmak ve rezin tag formasyonu ile mine adezyonunu artırmak amaçlanmaktadır. İlk olarak Buonocore, %85'lik fosforik asidin 60 saniye boyunca uygulanmasını önermiş; daha sonra klinisyenler %35'lik fosforik asidin 60 saniye boyunca uygulanması üzerine odaklanmışlardır (190,213). İlerleyen yıllarda 15, 20, 30 ve 45 saniye süreleri ile asit uygulama yöntemlerini öneren çalışmalar yapılmış; fissür örtücülerin retansiyonu üzerinde asitleme süresinin anlamlı bir farklılık yaratmadığını ileri sürmüşlerdir (344,345). Asidi uzaklaştırmak ve mine yüzeyinde tebeşirimsi beyaz görüntüyü elde etmek için, dişi 30 saniye boyunca su ile yıkamanın ve ardından 15 saniye boyunca kuru hava spreyi ile kurutmanın yeterli olduğu bildirilmiştir (196,218). **Perdigao J ve ark. (2011)**, self-adeziv fissür örtücünün örtücülük yeteneğini geleneksel

fosforik asit kullanımı ile karşılaştırdıkları çalışmalarında; mine pürüzlendirme aşamasında 15 saniye süre ile %35'lik fosforik asit jel (3M ESPE Scotchbond Etchant) kullanmışlardır. 10 sn süre ile su spreyi ile yıkama ve 5 sn süre ile kurutma işlemleri ile asidi mine yüzeyinden uzaklaştırmışlardır. **Garg D ve ark. (2019)**, self adeziv fissür örtücünün adaptasyon, örtücülük ve penetrasyon kabiliyetlerini geleneksel fosforik asit kullanımı ile karşılaştırdıkları çalışmalarında; mine pürüzlendirme aşamasında 30 saniye süre ile %37'lik fosforik asit jel (3M ESPE Scotchbond Etchant) kullanmışlardır. 20 sn süre ile su spreyi ile yıkama ve kurutma işlemleri ile asidi mine yüzeyinden uzaklaştırmışlardır (346,347).

Bu çalışmada; mine yüzeyini pürüzlendirme amacıyla Garg D ve ark. (2019)'ın çalışmalarındaki asit uygulama süresi tercih edilmiş; diş örneklerinin mine yüzeylerine 30 saniye süre ile %35'lik fosforik asit jel (3M ESPE Scotchbond Etchant) uygulanmıştır. Daha sonra Pinkham A (2005) ve Dean JA (2016)'nın kitaplarında belirttikleri gibi 30 sn süre ile su altında yıkama ve 15 sn süre ile kuru hava spreyi ile kurutma aşamaları gerçekleştirilmiştir. Mikrosızıntı deneylerinde asit, bonding ajanı ve fissür örtücüler, diş örneklerinin oklüzal yüzeylerindeki fissürlere uygulanmıştır. Remineralizasyon deneylerinde asit, bonding ajanı ve fissür örtücüler, diş örneklerinin bukkal ve lingual yüzeylerinde oluşturulan 3 ve 4 numaraları pencerelere uygulanmıştır.

Fissür örtücülerin mine yüzeyine bağlanma kuvvetlerini artırmak amacıyla dental adezivlerin ara tabaka olarak kullanımları önerilmiştir. İki aşamalı Etch and Rinse (ER) dental adezivlerde primer ve adeziv bileşenleri tek şişede, aseton, alkol veya su gibi organik çözücülerin içinde seyreltilmiş olarak bulunmaktadır. Çözücülerin buharlaşmasıyla beraber adeziv monomerlerin birleşerek diş yüzeyi ile restorasyon materyali arasında tamamlanmış bir arayüzey oluşturdukları bilinmektedir. Self-etch (SE) dental adezivlerde ise asit, primer ve adeziv uygulaması tek şişeye mümkün olmaktadır. Klinik olarak uygulama basamak sayısının azlığı bu sistemlerin en büyük avantajı olsa da, fosforik asit uygulamalarına kıyasla mine yüzeyinde yeterli demineralizasyon sağlayamadıkları bildirilmiştir (251).

Hem ER hem de SE modunda kullanılabilen Universal adezivler (UA), dental substratlarla kimyasal ve mikromekanik bağ kurabilen monomerler içermektedirler (273,293). Metakriloiloksidesil Dihidrojen Fosfat (MDP) monomeri, sadece bazı yeni

nesil adezivlerin içeriğinde bulunan, hafif asitleme özelliklerine sahip hidrofilik bir monomerdur. Kalsiyum ile birlikteliğinde oluşan, çözünmeyen, kararlı MDP-Ca tuzları, değişen derecelerde ve kalitede adeziv nano katmanları arasında birikerek diş dokusu ile güçlü bir adezyon oluşturabilmektedir (287,301). Ayrıca matriks içeriğindeki BIS-GMA, HEMA (hidrofilik monomer) ve D3MA (decandiol dimetakrilat/ hidrofobik monomer), hidrofobik rezin restorasyon ile hidrofilik diş dokusu arasında köprü oluşturma görevi görmektedirler (302,303). Fosforik asidin UA'dan daha etkili bir asit olduğunu belirten çalışmalar olduğundan dolayı, bazı araştırmacılar UA'ların ER modunda kullanımlarını önermişlerdir (283,348). **Takamizava T ve ark. (2016)**, self etch adezivlerin mineye bağlanma dayanımlarını değerlendirdikleri çalışmalarında; adeziv kullanımı öncesi mine yüzeyine 3 sn süreyle fosforik asit uygulamasının, adezivlerin bağlanma kuvvetlerini anlamlı derecede artırdığını bildirmişlerdir. **Ataol E ve ark. (2017)**, universal adeziv sistemlerin farklı asitleme modlarında kullanımının fissür örtücülerin etkinliği üzerine etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında; ER modunda kullanılan universal adezivin mikrosızıntıyı önemli derecede azalttığını, örtücülük özellikleri üzerinde anlamlı bir farklılık oluşturmadıklarını belirtmişlerdir (349,350).

Bu çalışmada; Takamizava T ve ark. (2016) ve Ataol E ve ark. (2017) 'nın belirttikleri gibi, adezyonun artabileceği ve mikrosızıntının azalabileceği düşüncesiyle, 10-MDP içerikli 3M ESPE Scotchbond Universal Adeziv ER modunda kullanılmıştır.

Dental adezivlerin uygulanma süresinin, penetrasyon derinliği ve rezin tabakasının yapısı üzerinde etkili olabileceği düşünülmüştür. **Meyer-Lueckel H ve ark. (2006)**, fissür örtücüların altına uygulanan dental adezivin uygulama süresinin materyallerin mine yüzeyine penetrasyon etkinliğini değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmalarında; 15 sn ve 30 sn boyunca adeziv uygulamasını önermişler ve adezivin 30 sn boyunca uygulanmasının penetrasyon derinliğini anlamlı derecede artırdığını bildirmişlerdir (351).

Bu çalışmada; 3M ESPE Scotchbond Universal Adhesive, üretici firmanın talimatları doğrultusunda, 20 saniye boyunca mine yüzeylerine uygulanmış ve 5 sn boyunca hava spreyi kullanılarak çözücüler uzaklaştırılmıştır.

5.2. Mikrosızıntı Deneyinin Tartışılması

5.2.1. Mikrosızıntı Deneyinin Yönteminin Tartışılması

Ağız ortamında gerçekleşen sıcaklık değişimleri, restorasyon ile diş dokularında termal strese sebep olmaktadır. Dental materyaller ile diş sert dokularının ısısal genleşme katsayılarının farklı olması, restorasyon ile diş dokusu arayüzeyinde çatlak oluşumlarına veya bakteri invazyonunu kolaylaştırabilecek boşlukların oluşmasına neden olabilmektedir. Dental materyallerin altında gerçekleşebilen mikrosızıntının değerlendirildiği in vitro çalışmalarda, oral kavitede uzun dönemde gerçekleşen termal streslerin laboratuvar ortamında taklit edilebilmesi amacıyla termal siklus cihazlarından faydalanılmaktadır (352,353).

Termal siklus yönteminde diş örnekleri, oral kavitede gerçekleşen ısısal değişimleri taklit etmek amacıyla kullanılan farklı sıcaklıktaki banyolara, belirli bir inkübasyon zamanı, belirli bir transfer zamanı ve belirli bir tekrar sayısında maruz bırakılmaktadır. 10.000 termal siklusun, ağız ortamında yaklaşık bir yıla denk geldiği bildirilmiştir. Bu yöntemde devamlı olarak oluşturulan büzülme ve genleşme stresleriyle, ısısal genleşme katsayısı büyük olan rezin restorasyon (25-60 ppm/°C) ile mine (11,4 ppm/ °C) veya dentin (8 ppm/ °C) dokuları arasında çatlak oluşumları gerçekleşebilmektedir (354,355).

Termal siklus yönteminde kullanılan banyoların sıcaklığı, inkübasyon zamanı, banyolar arası transfer zamanı veya siklusun tekrar sayısı ile ilgili bir standart bulunmamaktadır ve mikrosızıntının değerlendirildiği çalışmalarda bu değerler ile ilgili çok geniş bir skala bulunmaktadır (355).

Gorseta K ve ark. (2019)'nın self adeziv fissür örtücü, geleneksel fissür örtücü ve cam iyonomer fissür örtücülerin mikrosızıntı üzerine etkilerini değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında; fissür örtücü uygulanmış diş örneklerine, inkübasyon zamanı 10 sn, transfer zamanı 5 sn olacak şekilde 5°C ve 55°C'lik banyolarda toplam 1800 devirlik termal siklus uygulamışlardır. **Vijayakumar M ve ark. (2019)**'nın florür salan pit ve fissür örtücülerin mikrosızıntı değerlerini inceledikleri in vitro çalışmalarında, fissür örtücü uygulanmış diş örneklerine, inkübasyon zamanı 30 sn olacak şekilde 5°C, 37°C ve 55°C'lik banyolarda toplam 500 devirlik termal siklus uygulamışlardır. **Memarpour M ve ark. (2019)**, fissür örtücülerin içeriğine katılan nanohidroksiapatit partiküllerin mikrosızıntı ve remineralizasyon üzerine etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında,

demineralize edilmiş ve fissür örtücü uygulanmış diş örneklerine, inkübasyon zamanı 30 sn, transfer zamanı 15 sn olacak şekilde 5°C ve 55°C'lik banyolarda toplam 1000 devirlik termal siklus uygulamışlardır. **Hatırlı H ve ark. (2018)**'nın, farklı fissür örtücü materyallerinin termal siklus ve fırçalama simülasyonu sonrası mikrosızıntı ve penetrasyon derinliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında; fissür örtücü uygulanmış diş örneklerine, inkübasyon zamanı 100 sn, transfer zamanı 5 sn olacak şekilde 5°C ve 55°C'lik banyolarda toplam 1000 devirlik termal siklus uygulamışlardır. **Celiberti P ve ark. (2007)**'nin yapay ve doğal mine çürüklerine uygulanan fissür örtücünün penetrasyon kabiliyeti ve mikrosızıntı özelliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında; diş örneklerine, inkübasyon zamanı 30 sn olacak şekilde 5°C ve 55°C'lik banyolarda toplam 5000 devirlik termal siklus uygulamışlardır (329,336,337,356,357).

Bu çalışmada; Celiberti P ve ark. (2007)'nin çalışmalarına benzer şekilde, fissür örtücü uygulanmış diş örneklerine, oral kavitedeki termal değişikliklerin taklit edilebilmesi amacıyla inkübasyon zamanı 30 saniye, transfer zamanı 15 saniye olacak şekilde 5°C ve 55°C'lik banyolarda toplam 5000 devirlik termal siklus uygulanmıştır. Ağız ortamında nispeten uzun dönemde gerçekleşen ısısal değişimleri daha iyi yansıtabilmek amacıyla bu çalışmada termal siklus devir sayısı, Memarpour M ve ark. (2019)'nin çalışmalarında örneklere uygulanan termal siklus devir sayısından daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Fissür örtücülerin altında gerçekleşebilen mikrosızıntının değerlendirilmesini amaçlayan in vitro çalışmalarda bakteri penetrasyon testleri, radyoizotop yöntemleri, kimyasal ajanların kullanımı, SEM ve boya penetrasyon testlerinden faydalanılmaktadır. Restorasyon uygulanmış dişin boyar maddeye daldırılarak, rezin materyal ile diş sert dokusu arasındaki mikrosızıntı gerçekleşmiş bölgelerde renklenme gözlenmesi esasına dayanan boya penetrasyon testi, mikrosızıntının değerlendirilmesinde en sık kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde, %0.5'lik bazik fuksin, %1-2'lik metilen mavisi ve %50'lik gümüş nitrat, boyar madde olarak en sık tercih edilen materyallerdir (313). Ayrıca eritrosin (%2), Rodamin B (%0.2), toluidin mavisi (%0.25), anilin mavisi (%2), kristal viyole (%0.05) ve floresan (%2-20) boya da kullanılabilmektedir (314,315).

Marks D ve ark. (2009)'nin fissür örtücülerin dental adezivlerle birlikte kullanımının mikrosızıntı ve penetrasyon derinliği üzerine etkilerini değerlendirdikleri

çalışmalarında; termal siklus sonrasında diş örneklerinin apikal uçları boya penetrasyonunu önlemek amacıyla mumla kapatılmış, diş örnekleri fissür örtücülerin 1 mm çevresinden 2 kat tırnak cilasıyla kaplanmıştır. Hazırlanan örnekler %1'lik metilen mavisi içeren boya solüsyonunda, oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir. Boya solüsyonundan çıkarılan örnekler yıkanıp kurutularak akrilik bloklara gömülmüş, su soğutması altında yüksek hızlı elmas testere ile 3 parçaya ayrılmıştır. Elde edilen 4 yüzey, ışık mikroskobu altında 40x büyütme ile iki farklı araştırmacı tarafından skorlanmıştır. **Nahvi A ve ark. (2018)**'nın self etch fissür örtücülerin ve geleneksel fissür örtücülerin adeziv sistemlerle birlikte kullanımının mikrosızıntı üzerine etkilerini etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında; termal siklus sonrasında diş örneklerinin apikal uçları boya penetrasyonunu önlemek amacıyla mumla kapatılmış, diş örnekleri fissür örtücülerin 1 mm çevresinden 2 kat tırnak cilasıyla kaplanmıştır. Hazırlanan örnekler %5'lik metilen mavisi içeren boya solüsyonunda, oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir. Boya solüsyonundan çıkarılan örnekler yıkanıp kurutularak akrilik bloklara gömülmüş, su soğutması altında yüksek hızlı elmas testere ile 2 parçaya ayrılmıştır. Elde edilen 2 yüzey, stereomikroskop altında 40x büyütme ile tek bir araştırmacı tarafından skorlanmıştır. **Hatırlı H ve ark. (2018)**'nın farklı fissür örtücü materyallerin termal siklus ve fırçalama simülasyonu sonrası mikrosızıntı ve penetrasyon derinliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında; termal siklus ve fırçalama simülasyonu sonrasında diş örneklerinin apikal uçları boya penetrasyonunu önlemek amacıyla mumla kapatılmış, diş örnekleri fissür örtücülerin 1 mm çevresinden 2 kat tırnak cilasıyla kaplanmıştır. Hazırlanan örnekler %0,5'lik bazik fuksin solüsyonunda, oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir. Boya solüsyonundan çıkarılan örnekler yıkanıp kurutularak, su soğutması altında yüksek hızlı elmas testere ile 3 parçaya ayrılmıştır. Elde edilen 4 yüzey, stereomikroskop altında 40x büyütme ile tek bir araştırmacı tarafından skorlanmıştır (327,337,358).

Bu çalışmada; ölçümlerin hızlı olması, kullanılan boyaların ucuz olması, tekniğin kimyasal reaksiyon veya radyasyon içermemesi gerekçeleriyle, mikrosızıntının değerlendirilmesinde boya penetrasyon testinden faydalanılmıştır. Termal siklus sonrasında diş örneklerinin apikal uçları boya penetrasyonunu önlemek amacıyla kompozitle kapatılmış, diş örnekleri fissür örtücülerin 1 mm çevresinden 2 kat tırnak cilasıyla kaplanmıştır. Hatırlı H ve ark. (2018)'nın çalışmalarına benzer şekilde, hazırlanan örnekler %0,5'lik bazik fuksin

solüsyonunda, oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir. Boya solüsyonundan çıkarılan örnekler yıkanıp kurutularak, su soğutması altında yüksek hızlı elmas testere ile 3 parçaya ayrılmıştır. Elde edilen 4 yüzey, stereomikroskop altında 40x büyütme ile tek bir araştırmacı tarafından skorlanmıştır.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, mikrosızıntının belirlenmesinde kullanılan birkaç farklı skorlama yöntemi olduğu görülmüştür.

Prabakar J ve ark. (2020), Hatırlı H ve ark. (2018) ve Marks D ve ark. (2009), yaptıkları çalışmalarda, kesit aldıkları dişlerden elde ettikleri yüzeylerdeki mikrosızıntı değerlerini, Blackwood JA. ve ark. (2002) ve Overbo RC. ve ark. (1990)'ın önerdikleri skorlama sistemine göre puanlamışlardır. Bu sistemde, incelenen yüzeylerde gözlenen boya penetrasyonunun derinliğine göre 0, 1, 2 ve 3 mikrosızıntı puanları verilmiştir. Boya penetrasyonu gözlenmiyorsa 0, boya penetrasyonu fissür derinliğinin üst yarısında gözleniyorsa 1, boya penetrasyonu fissür derinliğinin alt yarısında gözleniyor ancak fissür tabanını içermiyorsa 2, boya penetrasyonu fissür tabanında gözleniyorsa 3 değerleri kaydedilmiştir. **Gorseta K ve ark. (2019) ve Nahvi A ve ark. (2018)** yaptıkları çalışmalarda, kesit aldıkları dişlerden elde ettikleri yüzeylerdeki mikrosızıntı değerlerini, Williams ve Winter kriterlerine göre skorlamışlardır. Bu kriterler doğrultusunda, diş yüzeyi ile fissür örtücü arasında hiç boya penetrasyonu gözlenmiyorsa 0, diş yüzeyi ile fissür örtücü arasındaki yüzey uzunluğunun 1/3'ünden daha azında boya penetrasyonu varlığı gözleniyorsa 1, diş yüzeyi ile fissür örtücü arasındaki yüzey uzunluğunun 1/3'ünden daha fazla, 2/3'ünden daha azında boya penetrasyonu varlığı gözleniyorsa 2, diş yüzeyi ile fissür örtücü arasındaki yüzey uzunluğunun 1/3'ünden daha azında boya penetrasyonu varlığı gözleniyorsa 3 değerleri kaydedilmiştir. **Küçükylmaz E ve ark. (2016) ve Celiberti P ve ark. (2007)** yaptıkları çalışmalarda, kesit aldıkları dişlerden elde ettikleri yüzeylerdeki mikrosızıntı değerlerini, boya penetrasyonu gerçekleşen kısımların uzunluğunu diş ve fissür örtücü arasındaki tüm yüzeyin uzunluğuna oranlayarak ifade etmişlerdir. (327,329,330,337,356,358,359).

Bu çalışmada; kesit alınan diş örneklerinden elde edilen 4 yüzeyin mikrosızıntı değerleri, Gorseta K ve ark. (2019) ve Nahvi A ve ark. (2018)'nın çalışmalarında kullandıkları Willims ve Winter kriterlerine göre skorlanmıştır.

5.2.2. Mikrosızıntı Deneyinin Bulgularının Tartışılması

Geleneksel rezin içerikli fissür örtücü (Clinpro, 3M ESPE, Almanya) ile formülünde kalsiyum, fosfat ve florür bulunan poliüretan mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücünün (BioCoat, Premier Dental Products, ABD) tek başlarına ve dental adezivlerle birlikte kullanımının mikrosızıntı üzerine etkilerini değerlendiren çalışmaların incelenmesi için yapılan literatür taramasında; bahsi geçen iki fissür örtücünün mikrosızıntı üzerine etkilerinin karşılaştırıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışma, bu alanda yapılan ilk çalışma olma niteliğindedir.

Mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücünün (BioCoat, Premier Dental Products, ABD) özelliklerini değerlendirme amacıyla yapılan ilk çalışmanın, aynı zamanda ürünün geliştirilmesine katkıda bulunan araştırmacılar tarafından 2016 yılında gerçekleştirildiği bilinmektedir (360). ‘BioCoat fissür örtücü, mikrosızıntı’ ve ‘mikrokapsül içerikli fissür örtücü, mikrosızıntı’ anahtar kelimelerinin türkçe ve ingilizce kullanımlarıyla yapılan literatür incelemesinde, BioCoat’un mikrosızıntı üzerine etkilerinin değerlendirildiği herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Yapılan literatür incelemesinde, Clinpro isimli fissür örtücünün tek başına veya adeziv sistemlerle birlikte kullanımının mikrosızıntı üzerine etkilerinin başka marka ürünlerle kıyaslamalı olarak incelendiği birçok çalışmaya rastlanılmıştır. Yapılan çalışmalarının çoğunluğunun, bu çalışmadan farklı olarak sağlam mine üzerinde gerçekleştirildiği saptanmıştır.

Bu bilgiler göz önünde bulundurularak, bu çalışma ile karşılaştırılabilecek benzer materyal veya metoda sahip olan çalışmalar, tartışma bölümünde irdelenmiştir.

Nahvi A ve ark. (2018) in vitro çalışmalarında, self etch fissür örtücü (Prevent Seal, Itena) ile geleneksel fissür örtücünün (Clinpro, 3M ESPE), ER (Single Bond Universal, 3M ESPE) ve SE (Single Bond 2, 3M ESPE) adeziv sistemlerle birlikte kullanımının mikrosızıntı üzerine etkilerini incelemişlerdir. 60 adet çekilmiş molar diş, her grupta 15’er diş olacak şekilde 4 gruba ayrılmıştır. Birinci gruba asit ve Clinpro fissür örtücü uygulamaları; ikinci gruba asit, Single Bond 2 ve Clinpro fissür örtücü uygulamaları; üçüncü gruba Single Bond Universal Adeziv ve Clinpro fissür örtücü

uygulamaları; dördüncü gruba Prevent Seal uygulaması gerçekleştirilmiştir. Diş örneklerine, inkübasyon zamanı 30 sn olacak şekilde 5°C ve 55°C'lik banyolarda toplam 5000 devirlik termal siklus uygulaması sonrası %5'lik metilen mavisiyle boya penetrasyon testleri yapılmıştır. Mikrosızıntı skorları Williams ve Winter kriterlerine göre belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda birinci grubun mikrosızıntı değerleri, ikinci ve üçüncü grupların değerlerine göre anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Fissür örtücülerin dental adeziv sistemlerde beraber kullanımının mikrosızıntı oluşumunu önemli derecede engellediğini, adeziv sistem tercihinin (ER veya SE) mikrosızıntı üzerinde anlamlı bir farklılık oluşturmadığını bildirmişlerdir (327).

Bu çalışmada; Nahvi A ve ark. (2018)'ın çalışmalarından farklı olarak, geleneksel rezin içerikli fissür örtücünün (Clinpro, 3M ESPE, Almanya) adeziv sistemle (3M ESPE Single Bond Universal Adhesive, Almanya) birlikte kullanımının mikrosızıntı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yaratmadığı sonucuna varılmıştır. Sonuçların farklılığını değerlendirebilmek amacıyla skora tablolarına bakıldığında; Nahvi A ve ark. (2018)'nın çalışmalarında, bonding ajanı uygulanmamış Clinpro grubunun 0 ve 1 puanlamalarına hiç sahip olmadığı, %32 oranında 2 ve %68 oranında 3 puanlarıyla skorlandığı görülmektedir. Bonding ajanı uygulanmış 2. ve 3. gruplarda ise 0, 1, 2 ve 3 skorlarının yüzdeleri sırasıyla (%37, %44, %19, %0) ve (%12, %50, %32 ve %6)'dır. Bu çalışmada ise; bonding ajanı uygulanmamış Clinpro grubu, %20 oranında 0, %52,5 oranında 1, %15 oranında 2 ve %12,5 oranında 3 puanlarıyla skorlanmıştır. Bonding ajanı uygulandığında ise bu oranlar sırasıyla (%13,89, %58,33, %19,44 ve %8,33) olacak şekilde değişmiştir. Skora tablolarından anlaşılağı üzere, Nahvi A. ve ark. (2018)'nın çalışmalarında, bonding ajanı kullanımının 0 ve 1 skorlamalarının yüzdelerini artırmasından dolayı, gruplar arasındaki mikrosızıntı değerlerindeki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu çalışmada ise bonding ajanı uygulanmış ve uygulanmamış gruplardaki 0 ve 1 skorlarının yüzdeleri birbirlerine yakın olduğundan, gruplar arasında mikrosızıntı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Çalışmalar arasındaki bu farklılığın, mikrosızıntının incelendiğı yüzey sayılarındaki farklılıktan kaynaklanabileceğı düşünülmektedir. Bu çalışmada her diş örneğinden 4'er yüzey incelenerek

puanlama yapılmış olup; Nahvi A. ve ark. (2018)'nın çalışmalarında ise her diştin 1'er yüzey puanlanmıştır. Diş örneklerinden daha fazla sayıda kesit alınıp daha fazla yüzey elde edilmesiyle, dental materyallerin anatomik olarak farklı fissür paternlerindeki penetrasyon davranışlarını inceleyebilmek mümkün olabilmektedir. Çalışmaların sonuçları arasındaki farklılığın bir başka sebebinin ise, termal siklusun uygulanma yöntemlerinin farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. 500 devirlik ve 5000 devirlik termal siklus uygulanan diş örneklerinde meydana gelen termal streslerin birbirlerinden farklı olabileceği tahmin edilebilir. Bunların dışında, Nahvi ve ark. (2018) çalışmalarını sağlam diş örnekleri üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışma ise yapay çürük lezyonu oluşturulmuş dişler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yapay çürük lezyonları üzerine uygulanan asit uygulaması lezyon derinliğini artırmış olabileceğinden, adezivin derin rezin tag formasyonları oluşturması nedeniyle, fissür örtücülerin Nahvi ve ark. (2018)'nın çalışmalarındaki gibi fissürlere yeterince penetre olamadığı düşünülmektedir.

Çehreli ZC ve ark. (2008) in vitro çalışmalarında, fissür örtücülerin dental adezivlerle birlikte kullanımının mikrosızıntı üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Çekilmiş insan dişleri üzerine florür içerikli fissür örtücüyü (Helioseal F) sırasıyla; sadece asit, asit ve Single Bond, asit ve Prime Bond NT, Clearfil SE Bond, FL Bond, One Up Bond F, Prompt L-Pop ve Mac Bond II ile beraber uygulamışlardır. Diş örneklerine, inkübasyon zamanı 10 sn olacak şekilde 5°C ve 55°C'lik banyolarda toplam 1000 devirlik termal siklus uygulamışlardır. Her örnek grubunun yarısı 48 saat, diğer yarısı 48 ay distile suda bekletilmiştir. %0,5'lik bazik fuksin solüsyonu ile boya penetrasyon testleri yapılan örnekler, mikrosızıntının değerlendirilmesi amacıyla puanlanmıştır. Mikrosızıntı skorlamasını, boya penetrasyonu gerçekleşen kısımların uzunluğunu diş ve fissür örtücü arasındaki tüm yüzeyin uzunluğuna oranlayarak gerçekleştirmişlerdir. Uzun dönem distile suda bekleyen bütün örneklerde mikrosızıntı gözlendiğini; her iki bekletme koşullarında en az mikrosızıntı gösteren grupların asit ile bonding ajanının beraber uygulandığı gruplar olduğunu; uzun dönem bekletme koşullarında mikrosızıntının en çok sadece asit ile beraber uygulanan fissür örtücü grubunda gerçekleştiğini bildirmişlerdir (361).

Bu çalışmada; Çehreli ZC ve ark. (2008)'nin çalışmalarının sonuçlarından farklı olarak fissür örtücülerle birlikte bonding ajanı kullanımının mikrosızıntı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturmadığı sonucuna varılmıştır. Çehreli ZC. ve ark. (2008)'nin çalışmaları, yapay çürük lezyonu oluşturulmamış diş örneklerinde gerçekleştirmiştir ve bu çalışmaya göre farklı marka fissür örtücü ve adeziv materyalleri kullanmışlardır. Sonuçlar arasındaki farklılığın bu sebeplerden kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir.

Zmener O ve ark. (2019) in vitro çalışmalarında, 3 farklı fissür örtücünün (Embrace WetBond - EWB, Clinpro - CLPR ve modifiye kalsiyum fosfat içerikli biyoaktif Embrace WetBond - EWBMCP) bakteriyel mikrosızıntı değerlerini karşılaştırmışlardır. 30 adet çekilmiş molar dişin kök ve krunları birbirinden ayrılmış, santral fossalarında 1mm çapında vertikal oluklar oluşturulmuştur. Her grupta 10'ar diş olacak şekilde 3 gruba ayrılmıştır. Birinci gruba asit ve EWB uygulamaları, ikinci gruba asit ve EWBMCP uygulamaları, üçüncü gruba asit ve CLPR uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Termal siklus sonrası örneklerle 90 günlük bakteri penetrasyon testi uygulanmıştır. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda EWBMCP ve CLPR'nin mikrosızıntı değerlerinin EWB'ye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha olumlu, EWBMCP'nin bakteri penetrasyonu karşısında sağkalım süresinin CLPR ve EWB'ye göre anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. EWBMCP'nin bakteriyel mikrosızıntıya karşı direncinin yüksek olduğunu ancak bu konuda bir kanıya varılabilmesi için daha fazla klinik çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir (362).

Bu çalışmada; Zmener O ve ark. (2019)'nin çalışmalarında olduğu gibi, biyoaktif fissür örtücü ile geleneksel rezin içerikli fissür örtücünün mikrosızıntı üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalar arasında mikrosızıntı değerlendirme yöntemleri açısından farklılık bulunmasına rağmen bu çalışmada; Zmener O. ve ark. (2019)'nin çalışmalarının sonuçlarına benzer şekilde gruplar arası mikrosızıntı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Vijayakumar M ve ark. (2019) in vitro çalışmalarında, florür salan 4 farklı fissür örtücünün (Helioseal F, Clinpro, Fissurit FX ve Ultraseal XT), 7. Jenerasyon adeziv sistemle (G-Bond, GC) beraber kullanımının mikrosızıntı üzerine etkilerini incelemişlerdir. 80 adet çekilmiş molar diş, her grupta 40'ar diş olacak şekilde 2 gruba

ayrılmıştır. Daha sonra her grup kendi içinde dört alt gruba ayrılmıştır (n:10). Birinci gruba asit ve fissür örtücü uygulamaları, ikinci gruba ise bonding ajanı ve fissür örtücü uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Ağız ortamını taklit etmek amacıyla örneklerle termal siklus ve pH siklusu uygulanmış, sonrasında %1'lik metilen mavisiyle boya penetrasyon testleri yapılmıştır. Mikrosızıntı değerleri, Overbo RC. ve ark. (1990)'nın önerdiği skorlama sistemine göre belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Fissür örtücülerin adeziv sistemlerle birlikte kullanımını, klinik uygulama zamanı ve izolasyon şartları göz önünde bulundurularak, klinisyenin tercihinin bırakılabileceğini önermişlerdir (357).

Marks D ve ark. (2009) in vitro çalışmalarında, adeziv ajan kullanımının ve fissür morfolojisinin fissür örtücülerin mikrosızıntı ve penetrasyon yetenekleri üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. 90 adet çekilmiş molar diş, her grupta 10'ar diş olacak şekilde dokuz gruba ayrılmıştır. Aegis (Bosworth), Con Seal F (Southern Dental Industries) ve Admira Seal (Voco) fissür örtücüleri altına Optibond Solo Plus (Kerr) ve Clearfil S3 Bond (Kuraray) adezivleri uygulanmıştır. Termal siklus sonrası %1'lik metilen mavisiyle boya penetrasyon testleri yapılmıştır. Mikrosızıntı değerleri, Overbo RC. ve ark. (1990)'ın önerdiği skorlama sistemine göre belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda, asit ve Aegis uygulaması ile Aegis Optibond Solo Plus uygulamasının anlamlı derecede daha az mikrosızıntıya sebep olduğu, fissür morfolojisinin mikrosızıntı üzerinde anlamlı bir etki yaratmadığı ancak fissür tipinin penetrasyon yeteneğini anlamlı derecede etkilediği bulunmuştur. Asit uygulamasının fissür örtücünün etkinliğini artırdığını, örtücülerle beraber dental adezivlerin kullanımının gerekli olmadığını öne sürmüşlerdir (358).

Bu çalışmada; Vijayakumar M ve ark. (2019) ve Marks D ve ark. (2009)'nın çalışmalarının sonuçlarına benzer şekilde geleneksel rezin içerikli fissür örtücülerin adeziv sistemle birlikte kullanımlarının mikrosızıntı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yaratmadığı sonucuna varılmıştır.

Dental materyallerin altında gelişebilen mikrosızıntıyı etkileyen birçok faktör bulunmaktadır.

Celiberti P ve ark. (2007), sağlam mineye ve doğal ve yapay fissür çürüklerine uygulanan fissür örtücülerin etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında; yapay çürüklerin daha düzgün, doğal fissür çürüklerinin ise daha poröz yapıda olduklarını,

bundan dolayı doğal fissür çürüklerinde daha çok mikrosızıntı görüldüğünü bildirmişlerdir. Yapay çürük modelleri üzerinde mikrosızıntı değerlendirmesi yapılan çalışmalarda, ağız ortamında gelişen başlangıç çürüklerinin plak birikimine daha müsait olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Aynı çalışmada, fissür çürüğünün konumunun mikrosızıntı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu saptamışlardır. Bütün fissür sistemini kapsayan başlangıç çürüklerinde; sadece fissür tabanında gelişen, sağlam mineyle çevrili fissür çürüklerine göre anlamlı derecede daha fazla mikrosızıntı görüldüğünü belirtmişlerdir. Celiberti P. ve ark. (2007), fissürlerin anatomik yapılarının mikrosızıntı üzerinde anlamlı derecede etkili olduğunu bildirmişlerdir. Geniş giriş açlarına sahip anatomik olarak sığ fissürlerin, dar giriş açlarına sahip anatomik olarak dar fissürlere göre fissür örtücüler tarafından daha iyi örtüldüklerini, materyal ile mine yüzeyi arasında daha az boşluk kaldığını belirtmişlerdir. Ancak fissür örtücülerin uygulandığı yüzey alanı sığ fissürlerde daha fazla olduğundan dolayı polimerizasyon büzülmesine daha çok maruz kaldıklarını, bundan dolayı çalışmalarında da olduğu gibi mikrosızıntıya daha elverişli yüzeyler olduklarını ifade etmişlerdir (329).

Fissür tabanı U şeklinde olan; fissür tabanı V şeklinde olan; V şeklinde giriş açısında sahip, I şeklinde fissürler Y1 (I) ve V şeklinde giriş açısında sahip, I şeklinde fissür tabanına uzanan ve fissür tabanında tekrar genişleyen Y2 (IK) şeklinde fissürler olmak üzere, tanımlanmış 4 farklı fissür tipi bulunmaktadır. **Celiberti P ve ark. (2007) ve Marks D ve ark. (2009)**, fissür şekillerindeki anatomik farklılıkların mikrosızıntı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığını ancak; **Marks D ve ark. (2009)**, anatomik olarak farklı fissürlerin materyalin penetrasyonu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı derecede etkili olduğunu, özellikle Y2 şeklindeki fissürlerde tamamlanmamış fissür örtücü penetrasyonu gözlemlediklerini; **Iyer RR ve ark. (2013)**, U tipi fissürlerin materyal penetrasyonuna daha elverişli olduklarını, V tipi fissürlerde daha iyi materyal adaptasyonu gözlendiğini ve Y2 tipi fissürlerde ise materyalin adaptasyon ve penetrasyon kabiliyetlerinin daha düşük olduğunu bildirmişlerdir (246,329,358).

Bu çalışmada; adeziv sistemle birlikte uygulanan BioCoat grubundaki 3 yüzey ve adeziv sistemle birlikte uygulanan Clinpro grubundaki 4 yüzey değerlendirme dışı bırakılmıştır. 7 yüzeyden 5 tanesi, anatomik olarak dar olan

fissür yapısının içine fissür örtücü penetrasyonunun gerçekleşmediği gözlemlendiğinden dolayı değerlendirilmemiştir. 7 yüzeyden 2 tanesi ise dış kesimi sırasında boyar maddenin örneğin tüm yüzeyine bulaşmasından dolayı skorlanamamıştır. Bu çalışmada, mikrosızıntı skorlamasına dahil edilmeyen 7 yüzeyden 5'i incelenmiş ve 5 yüzeydeki tüm fissürlerin Y1 şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Fissür şekline göre, bonding ajanı uygulaması sonrası dolan fissür sistemine fissür örtücülerin penetre olamadığı görülmüştür. Bunun dışında, değerlendirmeye dahil edilen örnek gruplarındaki Y2 tipine sahip fissürlere, bonding ajanı uygulaması sonrası fissür tabanında genişleme yapan bölgelerde bonding ajanının biriktiği, dolayısıyla fissür örtücünün tam penetrasyonunun sağlanamadığı gözlenmiştir. Bu durum mikrosızıntı skorlamasına yansıtılmıştır.

Fissür örtücülerin dental adezivlerle birlikte kullanımı, fissür örtücülerin uygulandığı minenin yüzey özellikleri (sağlam veya başlangıç çürük varlığı), fissürün anatomik yapısı (dar veya geniş), fissür tipi, fissür örtücü materyalinin viskozitesi, penetrasyon kabiliyeti ve polimerizasyon büzülmesi mikrosızıntıyı etkileyen faktörler arasında sayılmaktadır. Bunların dışında; mine yüzeyinin örtücü uygulamaları öncesinde gördüğü işlemler, kullanılan asidin uygulanma süresi, polimerizasyonda kullanılan ışığın gücü ve fissür örtücülerin fiziksel özellikleri ve izolasyon koşulları da materyal ile diş sert dokusu arasında oluşan mikrosızıntıyı etkileyen faktörler arasındadır (246,247,329,336,358).

Bu çalışmada; demineralize mineye uygulanmış mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücü ile geleneksel rezin içerikli fissür örtücünün adeziv sistemlerle birlikte kullanımının mikrosızıntı üzerine olan etkileri değerlendirilmiş olup; yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda gruplar arası anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Çalışma gruplarının tümünün mikrosızıntı skorlamalarında çoğunlukla '0' ve '1' skorlarına sahip oldukları görülmektedir. Bu sonuçlara dayanarak her iki fissür örtücünün altında ya hiç mikrosızıntının gerçekleşmediği ya da minimal seviyede mikrosızıntı gözlemlendiği sonucuna varılabilmektedir. Bu çalışmanın sonuçları Zmener O ve ark. (2019), Vijayakumar M ve ark. (2019) ve Marks D ve ark. (2009)'nın çalışmalarının sonuçları ile

benzerlik göstermekte olup; Nahvi A ve ark. (2018) ve Çehreli ZC ve ark. (2008)'nın çalışmalarının sonuçları ile farklılık göstermektedir. Yapılan literatür incelemesinde, fissür örtücülerin dental adezivlerle birlikte kullanımının mikrosızıntı üzerine etkileri ile ilgili olarak fikir birliğine varılamadığı görülmüştür. Fissür örtücü uygulanacak dişin yüzey özellikleri, klinik ortamdaki izolasyon şartları ve hastanın uyumu göz önünde bulundurularak, fissür örtücülerin dental adezivlerle birlikte kullanımının klinisyenin tercihine bırakılabileceği düşünülmektedir.

5.3. Remineralizasyon Deneyinin Tartışılması

5.3.1. Remineralizasyon Deneyinin Yönteminin Tartışılması

Çürük oluşum sürecini in vitro ortamda taklit edebilmek amacıyla ten Cate D ve ark. (1982) pH siklus modelini önermiştir. Günümüzde çeşitli varyasyonlarından faydalanılan in vitro pH siklus modelleri, remineralizasyon ajanlarının yapay mine çürükleri üzerine olan etkilerini veya oral kavitede gerçekleşen pH değişikliklerini taklit etmek amacıyla döngü şeklinde uygulanan demineralizasyon-remineralizasyon solüsyonlarıyla gerçekleştirilebilmektedir (363,364).

İbrahim MS ve ark. (2021)'nın biyoaktif rezin bazlı fissür örtücülerin remineralizasyon potansiyellerini değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında, oral kavitede diş sert dokularında gerçekleşen mineral kaybını ve mineral geri alımını taklit edebilmek amacıyla 7 günlük pH siklus modelinden faydalanmışlardır. Her örnek oda sıcaklığında, 30 mL demineralizasyon solüsyonunda (2,0 mmol/L kalsiyum ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), 2,0 mmol/L fosfat ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 0,075 mmol/L asetat tamponu ve 0,02 ppm F, pH:4) 6 saat, 15 mL remineralizasyon solüsyonunda (1,5 mmol/L kalsiyum ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), 0,9 mmol/L fosfat ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 150 mmol/L potasyum klorid, 0,03 ppm flor ve 0,1 mol/L Tris tamponu, pH:7) 18 saat bekletilmiş, solüsyonlar arası değişimde örnekler distile su ile yıkanıp kurutulmuşlardır (12). **Utneja S ve ark. (2018)**, nano-HAP ve nano-ACP doldurucu içeren fissür örtücülerin remineralizasyon potansiyellerini değerlendirdikleri çalışmalarında, sağlam mine dokuları üzerine fissür örtücü uygulanmış diş örneklerine, oral kavitede gerçekleşen asidik değişimleri yansıtabilmek amacıyla 10 günlük dinamik pH siklus modelini uygulamışlardır. Diş örnekleri her gün 3 saat demineralizasyon, 2 saat remineralizasyon,

3 saat demineralizasyon, 16 saat remineralizasyon solüsyonlarında 37°C’de inkübatörde bekletilmiştir. Kullanılan solüsyonların içerikleri belirtilmemiştir. **Weir MD ve ark. (2012)**’nın demineralize mineye uygulanmış kalsiyum fosfat içerikli nanokompozitin remineralizasyon üzerine etkisini değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında, oral kavitede gerçekleşen asidik değişimleri diş örneklerine yansıtabilmek amacıyla 30 günlük pH siklus modelinden faydalanmışlardır. Her örnek 37°C’de, 20 mL demineralizasyon solüsyonunda (3,0 mmol/L CaCl₂, 1,8 mmol/L K₂HPO₄, 0,1 mol/L laktik asit ve %1 karboksimetilselüloz, pH:4.0) 1 saat, 20 mL remineralizasyon solüsyonunda (1,2 mmol/L CaCl₂, 0,72 mmol/L K₂HPO₄, 2,6 µmol/L F ve 50 mmol/L HEPES tamponu, pH:7.0) 23 saat bekletilmiş, solüsyonlar her gün yenilenmiştir (12,339,365).

Bu çalışmada; demineralize mineye fissür örtücü uygulamaları sonrasında, diş örneklerine oral kavitede gerçekleşen pH değişikliklerini yansıtabilmek amacıyla Weir MD ve ark. (2012)’nın 30 günlük pH siklus modeli uygulanmıştır. Her örnek 37°C’de, 20 mL demineralizasyon solüsyonunda (3.0 mmol/L CaCl₂, 1,8 mmol/L K₂HPO₄, 0,1 mol/L laktik asit ve %1 karboksimetilselüloz, pH:4.0) 1 saat, 20 mL remineralizasyon solüsyonunda (1,2 mmol/L CaCl₂, 0,72 mmol/L K₂HPO₄, 2,6 µmol/L F ve 50 mmol/L HEPES tamponu, pH:7.0) 23 saat bekletilmiş, solüsyonlar her gün yenilenmiştir. Weir MD ve ark. (2012), in vitro deneyleri makul bir zaman diliminde gerçekleştirebilmek ve ağız ortamında gerçekleşen asit ataklarının restorasyonlara yıllar içinde verdikleri hasarı kısa bir süre zarfında çalışmalarındaki örneklere yansıtabilmek amacıyla pH değeri düşük, agresif bir solüsyon kullandıklarını belirtmişlerdir. Kullandıkları demineralizasyon solüsyonunun 1 saatlik inkübasyon zamanının, oral kavitede 24 saat diliminde meydana gelen asit ataklarına denk geldiğini ancak bireylerin diyet alışkanlıklarına bağlı olarak bu miktarın değişebileceğini ifade etmişlerdir.

Fissür örtücülerin veya remineralizasyon ajanlarının etkinliğini değerlendirmek amacıyla yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde; SEM, SEM/EDX, mikrosertlik, mikroyadyografi, polarize ışık mikroskobu veya spektrofotometre veya iyon spesifik elektrotların kullanımı gibi çeşitli direkt veya indirekt ölçüm yöntemlerinden faydalanıldığı görülmüştür.

İbrahim MS ve ark. (2021)'nın biyoaktif rezin bazlı fissür örtücülerin remineralizasyon potansiyellerini değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında, SEM/EDX cihazından faydalanmışlardır. İncelenmek üzere örnekler üzerinde rastgele 4 alan belirlenmiştir. Fissür örtücülerin altındaki mine yüzeyinde saptanan Ca, P, O ve F elementlerinin ağırlıkça dağılımları ifade edilmiştir. **Al Jawish A ve ark. (2021)**, ACP ve fluorür içeren pit ve fissür örtücülerin komşu minede demineralizasyonu önleme potansiyellerini değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında, diş örneklerine 15 saniye boyunca 100 gm kuvvet uygulamasıyla Vickers mikrosertlik testinden faydalanmışlardır. **Arora TC ve ark. (2019)**, rezin infiltrasyon tekniği ile geleneksel fissür örtücülerin beyaz nokta lezyonlarındaki etkilerini değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında Vickers mikrosertlik testinden yararlanmışlardır. **Memarpour M ve ark. (2019)**, fissür örtücülerin içeriğine katılan nanohidroksiapatit partiküllerin mikrosızıntı ve remineralizasyon üzerine etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında SEM ve SEM/EDX ve FESEM cihazlarını kullanmışlardır. SEM görüntülerini 1500x büyütme altında incelemişler ve EDX ve FESEM taramalarını 15 kV'de gerçekleştirmişlerdir. Elemental analizleri, örneklerin demineralizasyon ve remineralizasyon fazlarının Ca/P oranlarını kıyaslayarak değerlendirmişlerdir. **Utneja S ve ark. (2018)**, nano-HAP ve nano-ACP doldurucu içeren fissür örtücülerin remineralizasyon potansiyellerini değerlendirdikleri çalışmalarında, örnekleri 100x, 250x, 500x, 1000x ve 1500x büyütme ile SEM altında incelemişler; materyallerden 1, 7, 14 ve 21. günlerde gerçekleşen kalsiyum ve fosfat salınımlarını ölçmek için spektrofotometre kullanmışlardır. **Gomez J ve ark. (2013)**, posterior dişlerdeki aproksimal mine çürüklerine fissür örtücülerin penetrasyon kabiliyetlerini değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında, diş örneklerini 3000x büyütme ile SEM altında değerlendirmişlerdir. **Shimazu K ve ark. (2012)**, S-PRG doldurucu içerikli fissür örtücünün self-etch primer ile birlikte kullanımının çürük önleyici aktivitelerini değerlendirdikleri çalışmalarında, demineralize ve remineralize mine yüzeylerini mikroradyografi ve polarize mikroskop ile incelemişlerdir. **Lobo MM ve ark. (2005)** fissür örtücülerin flor salınımlarını ve karyostatik etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında, materyallerden gerçekleşen florür salınımlarını ve mine yapısına katılan florürün ölçümü amacıyla iyon spesifik elektrotlardan; mine yüzeyinin sertliğini değerlendirmek için enine kesitsel mikrosertlik testinden faydalanmışlardır (8,12,336,340,341,365–367).

İbrahim MS ve ark. (2021) ve **Memarpour M ve ark. (2019)**'nın çalışmalarının haricinde, remineralizasyon ajanlarının ve fissür örtücülerin mine dokusundaki remineralizasyon kabiliyetlerini SEM/EDX analizi ile değerlendiren çalışmalar ile ilgili yapılan literatür taraması sonucunda, fissür örtücülerin remineralizasyon kabiliyetlerinin mine yüzeyinde meydana gelen değişikliklerin incelenmesiyle gerçekleştirildiği belirlenmiş olup; mine yüzeyinden dentin yönüne doğru belirli mesafelerde alınan kesitlerde remineralizasyon değerlendirmesi yapan herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışma, demineralize mineye uygulanmış fissür örtücülerin remineralizasyonunu materyalin mineye değim noktasından 20 µm derinliğe kadar 5 µm kesitlerle tarama ile değerlendirilen ilk çalışma olma niteliğindedir.

Cherian NM ve ark. (2020), demineralize mineye uygulanmış çeşitli remineralizasyon ajanlarının etkinliklerini SEM/EDX analizi ile değerlendirmişler ve mine yüzeyinde meydana gelen Ca ve P elementlerinin ağırlıkça değişimlerini demineralizasyon veya remineralizasyon belirteçleri olarak kullanmışlardır (368). **İbrahim MS ve ark. (2020)**, demineralize mineye uygulanmış nano-ACP içerikli fissür örtücülerin remineralizasyon potansiyellerini SEM/EDX analizi ile değerlendirmişler ve mine yüzeyinde meydana gelen Ca ve P elementlerinin ağırlıkça değişimlerini demineralizasyon veya remineralizasyon belirteçleri olarak kullanmışlardır (369). **Tavassoli-Hojjati S ve ark. (2014)**, çekilmiş insan dişleri üzerine uygulanmış çeşitli konsantrasyonlarda TCP nanopartikülleri içeren fissür örtücülerin remineralizasyon etkinliklerini SEM/EDX analizi ile değerlendirmişler ve mine yüzeyinde meydana gelen Ca/P oranındaki değişimleri demineralizasyon veya remineralizasyon belirteçleri olarak kullanmışlardır (370). **Amaechi BT ve ark. (2013)**, teobromin remineralizasyon ajanının yapay mine çürükleri üzerine etkisini SEM/EDX analizi ile değerlendirmişler ve mine yüzeyinde meydana gelen Ca ve P elementlerinin ağırlıkça değişimlerini demineralizasyon veya remineralizasyon belirteçleri olarak kullanmışlardır (121,368–370).

Florür iyonunun remineralizasyon etkinliğinin en fazla, başlangıç çürük lezyonlarının en dış 30 µm'lik mesafesinde gerçekleştiği bildirilmiştir (371,372). Yapılan literatür incelemesinde, fissür örtücülerin içeriğindeki florür iyonlarının lezyon

derinliklerindeki etkinliklerini kesitsel inceleme ile değerlendiren herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Amaechi BT ve ark. (2019) hidroksiapatit veya florür içerikli diş macunlarının remineralizasyon üzerine etkilerini değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında; florür içerikli diş macunun etkinliğinin en fazla başlangıç çürük lezyonlarının yüzeyel tabakasında gerçekleştiğini, hidroksiapatit içerikli diş macunun ise remineralizasyon etkinliğini çürük tabakalarında daha homojen olarak gerçekleştirdiğini bildirmişlerdir (373).

Bu çalışmada; fissür örtücülerin başlangıç çürük lezyonunun yüzeyel tabakasındaki remineralizasyon etkinliğini değerlendirmek amacıyla, materyalle temasta olan mine yüzeyinde ve dentin yönüne doğru 5 µm, 10 µm, 15 µm ve 20 µm derinliklerinde ayrı ayrı belirlenen 3 farklı noktadan alınan ölçümlerle Ca, P, F, O, C ve Na elementlerinin ağırlıkça yüzdeleri 30 kV'de SEM/EDX ile belirlenmiştir. İbrahim MS ve ark. (2021), Cherian NM. ve ark. (2020), İbrahim MS ve ark. (2020) ve Amaechi BT ve ark. (2013)'nın çalışmalarında uyguladıkları gibi SEM/EDX analizinden elde edilen Ca ve P elementlerinin ağırlıkça değişimleri demineralizasyon veya remineralizasyon belirteçleri olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada; mikrokapsüllerden gerçekleşen kalsiyum, fosfat ve florür iyonlarının salınımının demineralize minede oluşturduğu remineralizasyon ile florür salınımı yapan rezin içerikli fissür örtücünün oluşturduğu remineralizasyon potansiyelleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada kullanılan her iki fissür örtücünün florür içermesi nedeniyle İbrahim MS ve ark. (2021)'nin çalışmalarında olduğu gibi minede F elementinde meydana gelen değişimler de demineralizasyon veya remineralizasyon belirteci olarak kullanılmıştır. Bu tezde, diğer remineralizasyon çalışmalarında, sıklıkla analiz edilen O, C ve Na elementlerinin ağırlık yüzdeleri de belirlenmiş olup tüm elementlerin dağılım oranları bir bütün olarak verilmek istenmiştir.

Büyütme oranı arttıkça, materyal ile mine dokusu arasındaki yüzey daha detaylı olarak incelenebilmektedir. Bundan dolayı, materyallerin remineralizasyon üzerine olan etkilerinin daha iyi değerlendirilebilmesi amacıyla, Garcia IM. ve ark. (2021)'ın çalışmalarından (100x ve 2000x) farklı olarak bu çalışmada; SEM görüntüleri daha büyük büyütme oranlarıyla (1000x ve 4000x) incelenmiştir.

5.3.2. Remineralizasyon Deneyinin Bulgularının Tartışılması

Florür salınımı yapan geleneksel rezin içerikli fissür örtücü (Clinpro, 3M ESPE) ile formülünde kalsiyum, fosfat ve florür bulunan poliüretan mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücünün (BioCoat, Premier Dental Products) mine remineralizasyonu üzerine etkilerini değerlendiren çalışmaların incelenmesi için yapılan literatür taramasında; bahsi geçen iki fissür örtücünün remineralizasyon yeteneklerinin karşılaştırıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu açıdan bu tez çalışması bir ilk olma niteliğindedir.

‘BioCoat fissür örtücü, remineralizasyon’ ve ‘mikrokapsül, fissür örtücü, remineralizasyon’ anahtar kelimelerinin türkçe ve ingilizce kullanımlarıyla yapılan literatür incelemesinde, BioCoat’un remineralizasyon üzerine etkilerinin değerlendirildiği çok az sayıda çalışmaya rastlanılmıştır. Bu çalışmalar İbrahim MS ve ark. (2021), Garcia IM ve ark. (2021), Burbank BD ve ark. (2017)(2016)’na aittir (12,13,360,374). BioCoat’un adeziv sistemlerle birlikte kullanımının remineralizasyon üzerine etkilerinin değerlendirildiği tek bir çalışmaya rastlanılmıştır ve bu çalışma Garcia IM ve ark. (2021)’na aittir (374). Demineralize mineye uygulanmış mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücünün (BioCoat, Premier Dental Products, ABD) adeziv sistemlerle birlikte kullanımının remineralizasyon üzerine etkilerinin değerlendirildiği hiçbir çalışmaya rastlanılmamıştır.

‘Clinpro, fissür örtücü, adeziv, remineralizasyon’ anahtar kelimelerinin türkçe ve ingilizce kullanımlarıyla yapılan literatür incelemesinde, Clinpro isimli fissür örtücünün tek başına kullanımlarının remineralizasyon üzerine etkilerinin değerlendirildiği çalışmalar tespit edilmiştir ve tartışma bölümünde bu çalışmalara yer verilmiştir. Ancak demineralize veya sağlam mine üzerinde geleneksel rezin içerikli fissür örtücünün (Clinpro, 3M ESPE, Almanya) adeziv sistemlerle birlikte kullanımının remineralizasyon üzerine etkilerinin başka marka ürünlerle kıyaslamalı olarak incelendiği herhangi bir in vitro çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu açıdan bu çalışmanın bir ilk olacağı düşünülmektedir.

Bu bilgiler göz önünde bulundurularak, bu çalışma ile karşılaştırılabilecek benzer materyal veya metoda sahip olan çalışmalar, tartışma bölümünde irdelenmiştir.

İbrahim MS ve ark. (2021) in vitro çalışmalarında, biyoaktif rezin bazlı 3 farklı fissür örtücünün (BioCoat, ACTIVA KIDS, BeautiSealant) remineralizasyon potansiyellerini yüzey sertlik değişimi ölçümleri, SEM/EDX analizi ve polarize ışık mikroskobu kullanarak değerlendirmişlerdir. Kontrol grubu olarak biyoaktif olmayan bir fissür örtücü (Seal-it) kullanmışlardır. Negatif kontrol grubuna fissür örtücü uygulaması yapılmamıştır. Fissür örtücü uygulanmış çekilmiş insan dişlerinin başlangıç yüzey sertlik değerleri kaydedildikten sonra, dişlere 7 günlük pH siklusu uygulanmıştır. BioCoat ve BeautiSealant gruplarının oluşturduğu yüzey sertlik incelemelerinde, diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturduklarını; başlangıç sertlik değerlerine göre mine yüzeyine daha sert bir yapı kazandırdıklarını bildirmişlerdir. Yapılan SEM/EDX analizi sonucunda, özellikle BioCoat ve BeautiSealant gruplarının kontrol gruplarına göre mine yüzeyinde daha fazla kalsiyum, fosfat ve florür birikimi sağladıklarını belirtmişlerdir. Polarize ışık mikroskobunda gözlenen demineralize alanların BioCoat ve BeautiSealant gruplarında diğer gruplara göre daha ince olduğunu; bu durumun diğer gruplara kıyasla daha geniş remineralizasyon alanı oluşturmalarından kaynaklı olduğunu ileri sürmüşlerdir. Biyoaktif fissür örtücülerin, geleneksel florür salınımı yapan fissür örtücülere göre umut verici remineralizasyon özellikleri bulunduğunu ifade etmişlerdir (12).

Bu çalışmada; İbrahim MS ve ark. (2021)'nın çalışmalarındaki SEM/EDX analizi sonuçlarına benzer şekilde, BioCoat isimli biyoaktif fissür örtücünün tek başına uygulandığı mine yüzeyindeki (0 µm) Ca, P ve F elementlerinin ağırlıkça yüzdeleri, pozitif ve negatif kontrol gruplarına göre anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Clinpro marka geleneksel fissür örtücünün tek başına uygulandığı mine yüzeyindeki (0 µm) Ca, P ve F elementlerinin ağırlıkça yüzdeleri negatif kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. İbrahim MS ve ark. (2021)'nın çalışmalarından farklı olarak, materyallerin uygulandığı mine yüzeylerindeki (0 µm) meydana gelen Ca, P ve F elementlerinin ağırlıkça değişim yüzdelerinin gruplar arası karşılaştırılmasında ise; BioCoat grubunun Ca değişim değerlerinin Clinpro grubuna göre istatistiksel

olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu; F değişim değerlerinin Clinpro grubuna göre daha yüksek olduğu ancak P ve F değerleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada, fissür örtücülerin remineralizasyon yetenekleri demineralize minenin 20 µm derinliğine kadar belirli mesafelerde incelenmiş olup her iki fissür örtücünün de remineralizasyon sağladığı ancak geleneksel rezin içerikli fissür örtücünün remineralizasyon etkinliğinin minenin en dış yüzeyinde (0-5 µm) daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Biyoaktif fissür örtücünün Ca, P ve F elementlerinin ağırlıkça değişim yüzdelерinin demineralize mine ile kıyasta geleneksel rezin içerikli fissür örtücüden anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle materyallerin remineralizasyon kapasitelerinin değerlendirildiğı çalışmalarda sadece materyalle değişim alanının incelenmesi kısıtlılık yaratabilmekte ve sonuçların farklı değerlendirilmesine neden olabilmektedir. Chen L. ve ark. (2018) in vitro çalışmalarda Clinpro marka fissür örtücüden Ca, P ve F elementlerinin salınımını tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Bu çalışmada, Clinpro isimli fissür örtücünün 0-5 µm'deki Ca, P ve F değerleri demineralize mineden yüksek bulunmuş ve daha derin kesitlerde anlamlı farklılık oluşturmadığı belirlenmiş olup remineralizasyonun kısıtlı kaldığı belirlenmiştir.

Garcia IM ve ark. (2021) in vitro çalışmalarda, çekilmiş insan dişlerine uygulanmış iyon salan 3 farklı biyoaktif rezinlerin (Activa BioRestorative, BioCoat, Beautifil Flow Plus) çiğneme simulatörü altında yüzey sertliğine ve morfolojisine olan etkilerini değerlendirmişlerdir. Kontrol grubu olarak biyoaktif olmayan TPH3 Flow kompozit materyalini kullanmışlardır. Çekilmiş dişlere sırasıyla, 15 sn asit, Optibond Solo bonding ajanı ve seçilmiş dental materyaller uygulanmıştır. Ağızda gerçekleşen çiğneme eyleminin taklidi amacıyla, materyallerin uygulandığı dişler çiğneme simulatörüne konulmuştur. Yapılan istatistiksel değerlendirmede, Beautifil Flow Plus grubunun Vickers mikrosertlik değerleri, diğer gruplara göre anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Biocoat'un Vickers mikrosertlik değerinin, Activa BioRestorative ve TPH3 Flow gruplarına göre daha yüksek olmasına rağmen, bu üç grubun sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Grupların yüzey morfolojileri SEM altında 100x ve 2000x büyütme ile incelenmiş olup; 100x

büyütmede Beautifil ve BioCoat gruplarının mine yüzeylerinde diğer gruplara göre daha az defekt görüldüğünü ancak 2000x büyütme ile bütün grupların mine yüzeylerinde defekt görüldüğünü belirtmişlerdir. Rezin bazlı materyallerin sertlik değerlerinin, materyallerin kimyasal özelliklerine ve doldurucu içeriklerine bağlı olarak değişebileceğini, bundan dolayı materyallerin doldurucu içeriklerini de inceleyen klinik çalışmaların yapılması gerektiğini ifade etmişlerdir (374).

Bu çalışmada; Garcia IM ve ark. (2021)'nın çalışmalarındaki SEM analizi sonuçlarına benzer şekilde, adeziv sistemle birlikte kullanılan BioCoat marka biyoaktif fissür örtücünün SEM görüntüleri incelendiğinde, düşük büyütme altında mine yüzeylerinde daha düzenli alanlar gözlemlenmiş olup, büyük büyütme altında mine yüzeyinde defektli alanlar olduğu tespit edilmiştir. Ancak Garcia IM ve ark. (2021)'nın çalışmalarından farklı olarak defektli alanlar 4000x büyütme altında gözlemlenmiştir ve görülen defektler tüm materyal ile diş dokusu arayüz hattında düzenli olarak devamlılık göstermemektedir. Bu çalışmada; adeziv sistemle birlikte BioCoat uygulanan grubunun SEM görüntülerinde, 4000x büyütme altında bile fissür örtücünün diş dokusu ile devamlı bağlantı gösterdiği alanlar gözlenmiştir. Yapılan EDX analizi sonuçları ile SEM sonuçları birbirlerini desteklemektedir.

Mikrokapsül içerikli fissür örtücünün biyoaktivitesinin değerlendirildiği güncel çalışma özetleri aşağıdaki gibidir.

Burbank BD ve ark. (2017), mikrokapsül içerikli fissür örtücünün iyon salınımını ve iyonların demineralize mine yapısına katılmalarını değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında; iyon spesifik elektrotlarla yaptıkları ölçümlerde mikrokapsül içeren materyalden devamlı olarak kalsiyum, fosfat ve florür iyonlarının salınımlarının gerçekleştiğini ve mikrokapsül içermeyen boroaluminosilikat cam doldurucu içeren kontrol grubuna kıyasla mikrokapsül teknolojisinin demineralize minenin yapısına katılan florür miktarını istatistiksel olarak anlamlı derecede artırdığını bildirmişlerdir (13).

Burbank BD ve ark. (2016), ortodontik simanların yapısına katılan mikrokapsüllerin iyon salınımlarını ve florürle yeniden şarj olabilme yeteneklerini değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında; iyon spesifik elektrotlarla yaptıkları ölçümlerde mikrokapsül içeren materyalden devamlı olarak kalsiyum, fosfat ve florür

iyonlarının salınımlarının gerçekleştiğini ve mikrokapsül içermeyen boroaluminosilikat cam doldurucu içeren kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yeniden şarj olabilme ve yeniden florür salabilme özelliklerini gösterdiklerini bildirmişlerdir (360).

Burbank BD ve ark. (2017) ve Burbank BD ve ark. (2016)'nın iyon spesifik elektrodlarla gerçekleştirdiği çalışmalarının sonuçları, bu çalışmanın sonuçlarını destekler niteliktedir. Bu çalışmada yapılan SEM/EDX analizi sonucunda, mikrokapsül formülünden gerçekleşen kalsiyum, fosfat ve florür iyonlarının, pH değeri 4 olan agresif asidik solüsyon içeren dinamik pH siklusu koşullarında bile demineralize minenin yapısına katılabildiği gözlenmiştir.

Florür salınımı yapan geleneksel rezin içerikli fissür örtücülerin etkinliklerinin değerlendirildiği güncel çalışma özetleri şu şekildedir.

Chen L ve ark. (2018) in vitro çalışmalarında, Clinpro, Concise, BeautiSealant ve GI FX-II isimli fissür örtücülerin iyon salınımlarını değerlendirmişlerdir. 1, 3, 7, 14, 21 ve 28. günlerde florür elektrotları ile florür salınımlarını, plazma atomik emisyon spektroskopisi ile Na, Ca, Sr, P, Si ve Al salınımlarını ölçmüşlerdir. Concise isimli fissür örtücüden florür salınımı gerçekleşmediğini; en fazla florür salınımının GI FX-II marka geleneksel cam iyonomer simandan gerçekleştiğini ancak 3. günden sonra bu salınımın önemli derecede azaldığını ve Clinpro isimli fissür örtücüden salınan florür miktarının BeautiSealant ve GI FX-II'den daha az olduğunu bildirmişlerdir. Na salınımının en fazla GI FX-II'den; en az Clinpro ve Concise isimli fissür örtücülerden gerçekleştiğini ancak Ca salınımının ise Clinpro ve Concise grubunda tespit edildiğini ancak GI FX-II'de tespit edilmediğini belirtmişlerdir. BeautiSealant'ın diğer tüm gruplara göre en fazla Sr salınımı yaptığını; Al salınımının sadece BeautiSealant ve GI FX-II gruplarında görüldüğünü ve P salınımının bütün gruplardan deney periyodu boyunca az miktarlarda gerçekleştiğini bildirmişlerdir (375).

Bu çalışmada; Florür salınımı yapan geleneksel rezin içerikli fissür örtücü (Clinpro)'den gerçekleşen iyon salınımları direkt olarak ölçülmemiştir ancak yapılan SEM/EDX analizi sonucunda, dinamik pH siklusu sonrasında Clinpro uygulanmış demineralize diş örneklerinin mine dokusundaki Ca, P ve F değerlerinin artmış olduğu (0-5 µm) görülmektedir.

Şişmanoğlu S (2019) in vitro çalışmasında giomer (BeautiSealant) ve florür salınımı yapan rezin bazlı fissür örtücülerden (Clinpro, Helioseal F, Fissürit F) 1, 2, 3, 7, 14, 21 ve 28. günlerde gerçekleşen florür salınımlarını spektrofotometre yardımı ile değerlendirmiştir. Birinci günde gerçekleşen florür salınımının en fazla Beautisealant'tan gerçekleştiğini ancak bu etkinin ikinci günde aniden azaldığını ve diğer gruplar arasında birinci gün değerleri açısından anlamlı bir farklılık bulunmadığını bildirmiştir. Birinci haftanın sonunda florür salınımının BeautiSealant grubunda diğer gruplara oranla biraz farkla daha fazla gerçekleştiğini; bir haftadan sonra ölçülen florür salınım değerleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığını belirtmiştir. Özellikle yüksek çürük risk grubunda bulunan bireylerde, uzun dönem ve yüksek oranda florür salınımı yapan materyallerin tercih edilmesinin uygun olabileceğini ifade etmiştir (376).

Bu çalışmada; rezin içerikli fissür örtücü olan Clinpro'nun remineralizasyon potansiyeli demineralize mineye element geçişinin incelenmesiyle değerlendirilmiştir. Şişmanoğlu S (2019)'nin çalışmalarına benzer şekilde, florür salınımı olduğu, dinamik pH siklusu sonrasında demineralize mine örneklerinin yapılarındaki florür iyon miktarının arttığı gözlenmiştir.

Lobo MM ve ark. (2005) in vitro çalışmalarında, rezin modifiye cam iyonomer (Vitremmer), florür salınımı yapan fissür örtücü (Clinpro) ve rezin bazlı fissür örtücünün (Concise) florür salınımı yapma kapasitelerini ve mine dokusundaki karyostatik etkilerini değerlendirmişlerdir. Yapılan iyon analizlerinin sonucunda en fazla florür salınımının Vitremmer grubundan gerçekleştiğini; dental biyopsi sonucunda mine yapısına katılan florürün en fazla Vitremmer tarafından sağlandığını ve demineralizasyon prosedürü sonrasında mine dokusundaki en yüksek mikrosertlik değerini Vitremmer grubunun sağladığını bildirmişlerdir. Clinpro grubunun mine dokusunda gerçekleşen demineralizasyonu azalttığını ve minenin yapısına florür katılımını sağlayabildiğini; Concise grubunun ise hiçbir etkinliğinin bulunmadığını belirtmişlerdir (367).

Bu çalışmada; Lobo MM ve ark. (2005)'nin çalışmalarına benzer şekilde Clinpro marka fissür örtücünün tek başına uygulandığı demineralize mine yapısına florür katılımını sağlayabildiği ancak bu etkinin 5 µm'de sınırlı kaldığı gözlenmiştir. Bu çalışmada, minenin remineralizasyon derecesi sadece SEM/EDX

ile incelenmiş olup, farklı remineralizasyon yöntemleri ile durumun desteklenmesinin daha iyi sonuç verebileceği düşünülmektedir.

Florür salınımı yapan fissür örtücülerin ve biyoaktif fissür örtücülerin remineralizasyon etkinliklerinin, birbirleriyle ve diğer remineralizasyon ajanlarıyla karşılaştırıldığı çalışmalar incelendiğinde elde edilen sonuçlar şu şekildedir..

Al Jawish A ve ark. (2021) in vitro çalışmalarında, sağlam mine üzerine uygulanmış florür içerikli fissür örtücü ile (Clinpro) ile ACP içerikli fissür örtücünün (Aegis), demineralizasyon işlemi sonrası komşu minede oluşturdukları remineralizasyon üzerine etkilerini mikrosertlik testi ile değerlendirmişlerdir. Kontrol grubu olarak florür içermeyen geleneksel fissür örtücü (Helioseal) kullanmışlardır. Hem Clinpro grubunun hem de Aegis grubunun mikrosertlik değerlerinin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğunu; Clinpro ve Aegis grupları arasında mikrosertlik değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığını bildirmişlerdir. ACP içerikli ve florür içerikli fissür örtücülerin her ikisinin de demineralizasyonu önleme potansiyelleri olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmalarının sonuçlarının, ACP içerikli fissür örtücüler ile florür içerikli fissür örtücülerin remineralizasyon özelliklerinin değerlendirildiği diğer çalışmalarla (**Zawaideh FI ve ark. (2016), Choudhary P ve ark. (2012) ve Silva K ve ark. (2010)**) benzer olduğunu bildirmişlerdir (230,341,377,378).

Arora TC ve ark. (2019), beyaz nokta lezyonlarına uygulanan rezin infiltrasyon tekniği (ICON) ile geleneksel fissür örtücülerin (Clinpro, Embrace WetBond) yüzey özellikleri ve remineralizasyon üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Remineralizasyon etkinlikleri Vickers mikrosertlik testi ile değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda en yüksek sertlik değerinin ICON grubunda olduğunu, sertlik değerlerinin sırasıyla Embrace WetBond ve Clinpro gruplarında azalarak devam ettiğini bildirmişlerdir. Hiçbir materyal uygulanmamış kontrol grubuna kıyasla, diğer tüm grupların mikrosertlik değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Clinpro grubunun kontrol grubuna göre daha yüksek mikrosertlik değeri göstermesini, materyal içeriğindeki silika nanopartiküllerinin demineralize mine yüzeyindeki boşlukları doldurmasından kaynaklı olduğunu; diğer çalışma gruplarına göre daha düşük mikrosertlik değeri göstermesinin sebebini, içeriğinde bulunan 8.3 nm boyutlarındaki silika nanopartiküllerinin, daha küçük

ebatlardaki boşluklara penetre olamamasından kaynaklı olduğunu ifade etmişlerdir (340).

Bu çalışmada; mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücü ile florür içeren geleneksel rezin içerikli fissür örtücünün demineralize minede remineralizasyon potansiyelleri karşılaştırılmıştır. Her iki fissür örtücünün de mine yüzeyinde remineralizasyon gerçekleştirebildiği yapılan SEM ve SEM/EDX analizleriyle belirlenmiştir. Bu açıdan bu çalışmanın sonuçları Al Jawish A ve ark. (2021)'nın çalışmaları ile benzerlik göstermektedir. Al Jawish A ve ark. (2021)'nin çalışmalarından farklı olarak bu çalışmada fissür örtücülerin demineralize minedeki etkinlik derinlikleri değerlendirilmiştir. Biyoaktif fissür örtücünün geleneksel rezin içerikli fissür örtücüye göre, 0 µm, 5 µm, 10 µm, 15 µm ve 20 µm derinliklerinde demineralize mine yapısına katılan Ca ve P elementlerinin miktarını daha fazla artırdığı, bununla birlikte demineralize mine yapısına katılan F elementinin miktarının da arttığı; ancak F element seviyeleri açısından bu farklılığın sadece 10 µm derinlikle istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Bundan dolayı, her iki fissür örtücünün remineralizasyon kabiliyeti olduğu ancak mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücünün etkinlik derinliğinin ve Ca, P, F element birikiminin florür içeren geleneksel rezin içerikli fissür örtücüye göre daha fazla olduğu düşünülmektedir.

Amaechi ve ark. (2019), florür içerikli ve HAP içerikli diş macunlarının remineralizasyon etkinlik derinliklerini karşılaştırdıkları in vitro çalışmalarında; florür içerikli diş macununun yüzeyaltı lezyon tabakasında laminasyon etkisi yaptığını, HAP içerikli diş macununun ise yüzeyaltı lezyon tabakasında daha homojen bir remineralizasyon sağladığını bildirmişlerdir. Florürün tek başına kullanıldığında başlangıç çürük lezyonlarında en fazla 30 µm'ye kadar etkili olabildiğini ve çalışmalarının sonucunun Schmidlin P. ve ark. (2016) ve Biesbrock AR. ve ark. (1998)'in çalışmalarıyla benzer olduğunu belirtmişlerdir. HAP içerikli macunun, tek başına florür iyonlarına göre daha homojen bir remineralizasyon sağlamasını; remineralizasyon ajanındaki florürün tek başına dozu arttırılsa bile etkinliğinin bir süre sonra plato değere ulaşmasıyla, etkinliğinin devamı için ortamda kullanılabilir kalsiyum ve fosfat iyonlarının varlığının gerekmesiyle açıklamışlardır (371–373).

Bu çalışmada; Amaechi ve ark. (2019)'nın çalışmalarına benzer şekilde, sadece florür içerikli fissür örtücünün etkinliği Ca ve P elementleriyle birlikte materyalle temasta bulunan (0 µm) mine yüzeyinde ve 5 µm'de istatistiksel olarak anlamlılık göstermiştir. Ancak kalsiyum ve fosfat içerikli biyoaktif fissür örtücünün 0-20 µm'de de Ca, P ve F elementlerinde artış sağlayarak remineralizasyon gerçekleştirdiği saptanmıştır.

Yapılan literatür incelemesinde, fissür örtücülerin remineralizasyon etkinliklerinin kesitsel tarama ile yapılan belirli derinliklerde inceleyen bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışmada; BioCoat marka fissür örtücü uygulanan her iki grupta incelenen mesafelere göre Ca, P ve F elementlerindeki artış yüzdeleri değerlendirildiğinde, materyale olan mesafe arttıkça, artış oranlarının azaldığı tespit edilmiştir. Clinpro grubunda ise sadece adeziv ile birlikte uygulanan örneklerde, materyale olan mesafe arttıkça Ca, P ve F elementlerinin ağırlıkça değişim yüzdelerinin istatistiksel olarak anlamlı derecede azaldığı saptanmıştır. Biyoaktif fissür örtücülerin ve florür salınımı yapan fissür örtücülerin remineralizasyon etkinliklerini başlangıç çürüklerinin diğer tabakalarında da değerlendiren çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Fissür örtücülerin adeziv sistemlerle birlikte kullanımının remineralizasyon üzerine etkilerinin değerlendirildiği çalışmalar incelendiğinde elde edilen özetler şu şekildedir.

Shimazu K ve ark. (2012) in vitro çalışmalarında, sağlam ve demineralize mineye uygulanan geleneksel florür salan fissür örtücüler (Delton FS ve Teethmate F-1) ile self etch primer ile birlikte uygulanan S-PRG dolduruculu fissür örtücülerin (BeautiSealant) çürük önleme etkinliklerini değerlendirmişlerdir. SEM incelemesi ile self etch primer ile birlikte uygulanan BeautiSealant fissür örtücünün mine demineralizasyonunu önlediğini bildirmişlerdir. Demineralize mineye fissür örtücü uygulamaları öncesinde asit uygulamasının lezyon derinliğini önemli derecede artırdığını, bundan dolayı Delton ve Teethmate gruplarında fissür örtücü altındaki bağlanmamış yüzeylerde kırılma gözlemlendiğini ancak mine dokusunun sağlam veya demineralize olmasından bağımsız olarak asitle pürüzlendirme sonrası oluşan boşlukları

self etch primer ile birlikte uygulanan BeautiSealant'ın doldurabildiğini belirtmişlerdir (366).

Bu çalışmada; Shimazu K ve ark. (2012)'nın çalışmalarından farklı olarak, fissür örtücülerin adeziv sistemler birlikte kullanımlarının, tek başına kullanımlarına göre remineralizasyon üzerine olumlu ya da olumsuz yönde etkilerinin bulunmadığı sonucuna varılmıştır. Adeziv kullanılmadan uygulanan fissür örtücü mine örneklerinde remineralizasyona işaret eden element birikimleri daha yoğun olsa da bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı izlenmiştir. Çalışmalar arası bu farklılığın, çalışmalarda kullanılan materyallerin farklı marka olmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, üretici firma talimatları doğrultusunda BeautiSealant, kendi self etch primeri ile birlikte kullanılmaktadır ancak Clinpro marka fissür örtücünün birlikte kullanımını gerektiren herhangi bir adeziv sistem bulunmamaktadır.

Fissür örtücülerin adeziv sistemlerle birlikte kullanımlarında diş sert dokularıyla temas eden materyalin dental adeziv olması veya bu çalışmanın mikrosızıntı bölümünde olduğu gibi adezivin dar fissürlere penetrasyonu sonrası fissür örtücünün yeterince penetre olamaması gibi olumsuz koşullar oluştuğunda, dental adezivlerin demineralizasyonu önleme ve remineralizasyon kabiliyetleri de sorgulanmaktadır.

Paris S ve ark. (2006), demineralize sığır minesine uygulanan fissür örtücünün (Helioseal) farklı adeziv sistemlerle (Heliobond, Resulcin Monobond, Excite, Solobond M ve Adper Prompt L-Pop) birlikte kullanımının demineralizasyonu önlemedeki etkinliklerini CLSM ile değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında; asidik koşullar altında fissür örtücünün Heliobond veya Excite bonding ajanları ile birlikte kullanımlarının, hiçbir işlem uygulanmamış demineralize mineye (kontrol grubu) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede demineralizasyonun ilerlemesini engellediklerini bildirmişlerdir (379).

Peris AR ve ark. (2007) in vitro çalışmalarında, florür içeren (Optibond Solo Plus ve Clearfil Protect Bond) ve florür içermeyen (Single Bond ve Clearfil SE Bond) adezivlerin restoratif materyal altında kullanımlarının sekonder çürük oluşumuna etkilerini ve florür salınımlarını değerlendirmişlerdir. Polarize ışık mikroskobu altında, florür içeren dental adezivlerin dentin dokusunda sekonder çürük oluşumunu önlemede yeterli olmadıklarını, ayrıca; florür spesifik elektrotlarla değerlendirdikleri florür

salınımlarını, kalibrasyon eğrisinin minimal konsantrasyonunun da altında bulunduğunu (0,002 ppm F) (<0,03 ppm F) bildirmişlerdir (380).

Bu çalışmada; florür içermeyen Single Bond Universal Adhesive, biyoaktif ve florür içeren fissür örtücülerle birlikte kullanılmıştır ancak bonding ajanının remineralizasyon etkinliği değerlendirilmemiştir. Demineralize veya sağlam mine yüzeylerine uygulanan biyoaktif, florür salan veya geleneksel fissür örtücülerin, florür içeren veya içermeyen dental adezivlerle birlikte kullanımının demineralizasyon veya remineralizasyon üzerine olan etkilerinin değerlendirilen çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

SONUÇLAR

1. Demineralize mineye uygulanmış mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücü ile geleneksel rezin içerikli fissür örtücünün tek başlarına ya da adeziv ile birlikte kullanımlarının, mikrosızıntı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmadığı tespit edilmiş olup, biyoaktif fissür örtücünün istatistiksel olarak anlamlı olmasa da daha düşük mikrosızıntı değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

2. Demineralize mineye uygulanmış mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücünün remineralizasyon etkinliği, minede 20 µm derinliğe kadar alınan tüm kesitlerde etkili bulunmuştur. Remineralizasyona işaret eden Ca, P ve F element ağırlıklarının demineralize mine değerlerinden yüksek olduğu ve sağlıklı mine değerlerine yakın ya da daha yüksek olabildiği belirlenmiştir.

3. Demineralize mineye adeziv ile birlikte uygulanan mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücünün remineralizasyona işaret eden element değerleri adeziv uygulanmayan gruba göre daha düşük olmasına rağmen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilmemiştir.

4. Demineralize mineye uygulanmış mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücünün etkinliği değerlendirildiğinde, materyale olan mesafe arttıkça Ca, P ve F elementlerinin artma oranı azalmıştır.

5. Demineralize mineye uygulanmış geleneksel rezin içerikli fissür örtücünün remineralizasyon etkinliğinin, minenin en dış yüzeyinde daha etkili

olduğu saptanmıştır. 0-5 µm derinlikte Ca, P, F element ağırlıklarının demineralize mine değerlerinden anlamlı olarak yüksek olmasına rağmen bu anlamlığın 20 µm'ye doğru derinleştikçe ortadan kalktığı izlenmiştir.

6. Demineralize mineye adeziv ile birlikte uygulanan geleneksel rezin içerikli fissür örtücünün remineralizasyona işaret eden element değerleri ile adeziv uygulanmayan grubun değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir.

7. Adeziv ile birlikte uygulanmış geleneksel rezin içerikli fissür örtücünün negatif kontrol grubuyla kıyasında Ca, P ve F elementlerinin artma oranlarının, materyale olan mesafe arttıkça azaldığı izlenmiştir.

8. Demineralize mine ile kıyaslandıklarında, 0-20 µm derinliklerde alınan tüm kesitlerde; adeziv kullanılmadan uygulanan mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücünün Ca ve P elementlerinin artma seviyeleri, adeziv kullanılmadan uygulanan geleneksel rezin içerikli fissür örtücüden daha yüksek bulunmuştur. Mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücünün demineralize minedeki remineralizasyon kapasitesinin daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

9. Sağlıklı mine ile kıyaslandıklarında, adeziv kullanılmadan uygulanan mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücünün 0 ve 10 µm derinlikte Ca/P/F elementlerinin minede artma oranları, adeziv kullanılmadan uygulanan geleneksel rezin içerikli fissür örtücüden yüksek olup bu fark 15 ve 20 µm'lerde ortadan kaybolmuştur.

10. Adeziv ile birlikte uygulanan her iki fissür örtücü de, materyalle değim noktasında (0 µm'de) remineralizasyona işaret eden element artışları açısından demineralize mine ile kıyasta fark göstermemektedir. 5 µm -20 µm arası tüm kesitlerde Ca/P/F elementleri açısından adezivle birlikte uygulanan mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücünün remineralizasyon kapasitesi adeziv ile birlikte uygulanan geleneksel rezin içerikli fissür örtücüden demineralize mine ile kıyasta daha yüksek bulunmuştur.

11. Adeziv ile birlikte uygulanan mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücünün 0 ve 10 µm derinlikte Ca/P elementlerinin minede artma oranları

sağlıklı mineyle kıyasta adeziv ile birlikte uygulanan geleneksel rezin içerikli fissür örtücüden yüksek olup bu fark 15 ve 20 μm ' lerde ortadan kaybolmuştur.

12. Fissür örtücülerin adeziv sistemle birlikte kullanımlarının remineralizasyon üzerine olumlu ya da olumsuz yönde istatistiksel olarak anlamlı bir etki oluşturmadığı belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasından elde edilen bulgular sonucunda, başlangıç çürüğü bulunan dişlerde fissür örtücü uygulamalarının remineralizasyona katkı sağladığı, Ca, PO₄, F iyonik solüsyonlarını içeren mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücünün remineralizasyon derinliğinin ve kapasitesinin daha fazla olduğu, geleneksel rezin içerikli fissür örtücünün bu anlamda daha sınırlı kaldığı izlenmiş olup, adeziv ile birlikte kullanımlarının mikrosızıntı ve remineralizasyon açısından fark oluşturmadığı saptanmıştır. Fissür örtücülerin klinik başarısında önemli faktörlerden biri olan mikrosızıntının önlenmesi anlamında adeziv kullanım kararının klinisyenin tercihine bırakılması ve olgunun durumuna göre bu tezde değerlendirilmemiş olan nem varlığı faktörünün de göz ardı edilmemesi gerektiği düşünülmektedir. Başlangıç çürüğünün remineralizasyonu birçok çürük risk faktörünün eliminasyonunu içermekle birlikte Ca, PO₄, F iyonik solüsyonlarını içeren mikrokapsül içerikli biyoaktif fissür örtücünün bu alanda öne çıkan etkisi ile olumlu sonuçlar verebileceği düşünülmektedir. Biyoaktif fissür örtücülerin remineralizasyon etkinlik derinliklerini inceleyen ve fissür örtücülerin adeziv sistemle kullanımlarının mikrosızıntı ve remineralizasyon üzerine etkilerini değerlendiren çalışmalarla, elde edilen bulguların desteklenmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Featherstone JDB. The science and practice of caries prevention. J Am Dent Assoc. 2000;131(7):887–99.
2. Topaloglu-Ak A, Eden E, Frencken JE. Managing dental caries in children in Turkey - A discussion paper. BMC Oral Health. 2009;9(1):1–8.
3. I. Saydam, G.; Oktay, İ.; Möller “Türkiye’de ağız diş sağlığı durum analizi. Türkiye’de ağız diş sağlığı durum analizi. In: Sağlık bakanlığı ve Dünya sağlık örgütü tarafından desteklenen ulusal ağız diş sağlığı yönlendirici araştırmasının sonuçları. İstanbul; 1990.
4. Gökalp, S.; Doğan, BG.; Tekçiçek, M.; Berberoğlu, A.; Ünlüer Ş. Türkiye ağız diş sağlığı profili 2004. Hacettepe Diş Hekim Fakültesi Derg. 2007;31(4):3–10.
5. Organisation WH. Oral Health Surveys, Basic methods. In Genova; 1987.
6. Korkut B, Tağtekin DA, Yanıkoğlu FÇ. Diş çürüklerinin erken teşhisi ve teşhiste yeni yöntemler: QLF, Diagnodent, elektriksel iletkenlik ve ultrasonik sistem. Ege Üniversitesi Diş Hekim Fakültesi Dergisi. 2011;32:55–67.
7. EFES BG. Konservatif diş tedavisinde diagnostik yöntemler. J Istanbul Univ Fac Dent. 39(3–4):43–9.
8. Gomez, J., Zakian, C., Salsone, S., Pinto, S. C. S., Taylor, A., Pretty, I. A., & Ellwood R. In vitro performance of different methods in detecting occlusal caries lesions. J Dent. 2013;41(2):180–6.
9. Ismail AI, Tellez M, Pitts NB, Ekstrand KR, Ricketts D, Longbottom C, et al. Caries management pathways preserve dental tissues and promote oral health. Community Dent Oral Epidemiol. 2013;41(1):12–40.
10. Ismail, A. I., Pitts, N. B., & Tellez M. The International Caries Classification and Management System (ICCMS™) an example of a caries management pathway. BMC Oral Health. 2015;15(1):1–13.
11. Ahovuo-Saloranta, A., Hiiri, A., Nordblad, A., Mäkelä, M., & Worthington H V. Pit and fissure sealants for preventing dental decay in the permanent teeth of children and adolescents. Cochrane database Syst Rev. 2008;4.
12. Ibrahim MS, Alabbas MS, Alsomaly KU, Almansour AA, Aljouie AA, Alzahrani MM, et al. Flexural Strength , Elastic Modulus and Remineralizing Abilities of Bioactive Resin-Based Dental Sealants. Polymers (Basel). 2021;14(1):61.

13. Burbank, B. D., Cooper, R. L., Kava, A., Hartjes, J. M., McHale, W. A., Latta, M. A., & Gross SM. Ion release and in vitro enamel fluoride uptake associated with pit and fissure sealants containing microencapsulated remineralizing agents. *Am J Dent*. 2017;30(2):59–64.
14. Anal AK, Singh H. Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery. *Trends Food Sci Technol*. 2007;18(5):240–51.
15. Subramaniam, P., S. Konde and DKM. Retention of a resin-based sealant and a glass ionomer used as a fissure sealant: a comparative clinical study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2008;26(3):114.
16. Waggoner, William F. and MS. Pit and fissure sealant application: updating the technique. *J Am Dent Assoc*. 1996;127:351–61.
17. Das UM G. Bonding agents in pit and fissure sealants: a review. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2009;2(3):1–6.
18. Bagherian, A., Shirazi, A. S., & Sadeghi R. Adhesive systems under fissure sealants: yes or no?: A systematic review and meta-analysis. *J Am Dent Assoc*. 2016;147(6):446–56.
19. Goldstein RE, Lamba S, Lawson NC, Beck P, Oster RA, Burgess JO. Microleakage around Class V Composite Restorations after Ultrasonic Scaling and Sonic Toothbrushing around their Margin. *J Esthet Restor Dent*. 2017;29(1):41–8.
20. Mann AB, Dickinson ME. Nanomechanics, chemistry and structure at the enamel surface. *Monogr Oral Sci*. 2006;19:105–31.
21. Li X, Wang J, Joiner A, Chang J. The remineralization of enamel: A review of the literature. *J Dent*. 2014;42:S12–20.
22. Featherstone JD. The caries balance: the basis for caries management by risk assessment. *Oral Health Prev Dent*. 2004;2:259–64.
23. García-Godoy F, Hicks MJ. Maintaining the integrity of the enamel surface: The role of dental biofilm, saliva and preventive agents in enamel demineralization and remineralization. *J Am Dent Assoc*. 2008;139(5 SUPPL.):25S-34S.
24. Williams, P.L.; Warwick, R.; Dyson M. BLH. Gray's anatomy. In 1989.
25. Robinson, Colin; Brookes, Steven J.; Bonass, William A.; Shore, Roger c.; Kirkham J. Enamel_Maturation.pdf. In: Ciba Found Symp. 1997. p. 205;156-

- 174.
26. West NX, Joiner A, Care UO, East QR, Ch W. Enamel mineral loss. Enamel Eros – Adv Miner Technol. 2014;42:S2–11.
 27. Roberson, T.M.; Heymann, H.O.; Swift Jr EJ. Art and science of operative dentistry. 2011.
 28. Hicks J, Garcia-godoy F, Flaitz CM. Biological factors in dental caries enamel structure and the caries process in the dynamic process of demineralization and remineralization (Part 2). 2004;(February).
 29. Piesco, NP.; Simmerlink J. Histology of enamel. In: Oral development and histology third edition. 2002. p. 9;153-171.
 30. Robinson C, Shore RC, Brookes SJ, Strafford S, Wood SR, Kirkham J. The Chemistry of Enamel Caries. Crit Rev Oral Biol Med. 2000;11(4):481–95.
 31. Robinson C. Fluoride and the caries lesion: interactions and mechanism of action. Eur Arch Paediatr Dent. 2009;10(3):136–40.
 32. Jdb F, Dent C, Epidemiol O. Prevention and reversal of dental caries : role of low level fluoride. Community Dent Oral Epidemiol. 1999;(5):31–40.
 33. Featherstone JDB, Goodman P, Mclean JD. Electron Microscope Study of Defect Zones in Dental Enamel. 1979;123:117–23.
 34. Arends, J., & Christoffersen J. Invited review article: the nature of early caries lesions in enamel. J Dent Res. 1986;65(1):2–11.
 35. Jones FH. Teeth and bones : applications of surface science to dental materials and related biomaterials. Surf Sci reports,. 2001;42((3-5)):75–205.
 36. Dawes C. What is the critical pH and why does a tooth dissolve in acid? J Can Dent Assoc (Tor). 2003;69(11):722–5.
 37. Ericsson Y. Enamel- apatite solubility: Investigations into the calcium phosphate equilibrium between enamel and saliva and its relation to dental caries. Acta Odont Scan. 1949;8(3):1–139.
 38. Lynch RJM. Calcium glycerophosphate and caries : a review of the literature. Int Dent J. 2004;54:310–4.
 39. Tanizawa Y, Sawamura K, Suzuki T. Reaction characteristics of hydroxyapatite with F[–] and PO₃F₂ – ions. Chemical states of fluorine in hydroxyapatite. 1991;87(14):2235–40.
 40. Moreno, E. C., Kresak, M., Zahradnik RT. Fluoridated hydroxyapatite solubility

- and caries formation. *Nature*. 1974;247(5435):64–5.
41. Ingram, G. S., & Nash PF. A mechanism for the anticaries action of fluoride. *Caries Res*. 1980;14(5):298–303.
 42. Buzalaf, M. A. R., Pessan, J. P., Honório, H. M., & Ten Cate JM. Mechanisms of action of fluoride for caries control. *Fluoride oral Environ*. 2011;22:97–114.
 43. Cate JM, Cate JM. Current concepts on the theories of the mechanism of action of fluoride Current concepts on the theories of the mechanism of action of fluoride. 2009;6357.
 44. Ten Cate, J. M., & Featherstone JDB. Mechanistic Aspects of the Interactions Between Fluoride and Dental Enamel. *Crit Rev Oral Biol Med*. 1991;2(3):283–96.
 45. Zero, D. T., Fu, J., Espeland, M. A., & Featherstone JDB. Comparison of Fluoride Concentrations in Unstimulated Whole Saliva. *J Dent Res*. 1988;67(10):1257–62.
 46. Vogel GL. Oral fluoride reservoirs and the prevention of dental caries. *Fluoride oral Environ*. 200AD;22:146–57.
 47. Lynch RJM. Calcium glycerophosphate and caries : a review of the literature. *Int Dent J*. 2004;54(S5):310–4.
 48. Tanaka, M., & Kadoma Y. Comparative Reduction of Enamel Demineralization by Calcium and Phosphate in vitro. *Caries Res*. 2000;34(3):241–5.
 49. Cate JM. The anti-caries efficacy of calcium carbonate-based fluoride. *Int Dent J*. 2005;55:175–8.
 50. Exterkate, R. A. M., Damen, J. J. M., & Ten Cate JM. A single-section model for enamel de-and remineralization studies. 1. The effects of different Ca/P ratios in remineralization solutions. *J Dent Res*. 1993;72(12):1599–603.
 51. Margolis HC. An Assessment of Recent Advances in the Study of the Chemistry and Biochemistry of Dental Plaque Fluid. *J Dent Res*. 1990;69(6):1337–42.
 52. Ten Cate JM. In situ models, physico-chemical aspects. *Adv Dent Res*. 1994;8(2):125–33.
 53. Pearce EIF. Effect of plaque mineralization on experimental dental caries. *Caries Res*. 1982;16:460–71.
 54. Pearce, E. I. F., & Nelson DGA. In vivo comparison of caries inhibition by a plaque mineral enriching mouthrinse and fluoride dentifrice. *Caries Res*.

- 1988;22(6):362–70.
55. Lynch, R., Mony, U., & ten Cate J. De-and remineralization of enamel lesions at low pH under simulated plaque-fluid conditions. *Caries Res.* 2004;38(4):399–400.
 56. Jp P, Cm S, Ts DS, Smb S, Gm W, Mar B, et al. Fluoride concentrations in dental plaque and saliva after the use of a fluoride dentifrice preceded by a calcium lactate rinse. *Eur J Oral Sci.* 2006;114(6):489–93.
 57. Caufield W and Griffen A. Dental Caries. *Pediatr Ediatric Oral Heal.* 2000;47:112–45.
 58. Kidd EAM, Fejerskov O. What constitutes dental caries? Histopathology of carious enamel and dentin related to the action of cariogenic biofilms. *J Dent Res.* 2004;83(SPEC. ISS. C):2002–5.
 59. Selwitz, R. H., Ismail, A. I., & Pitts NB. Dental caries. *J Dent Res.* 2007;369(9555):51–9.
 60. Uzer, Esra; Yazkan, Başak; Katırcı G. Başlangıç Çürük Lezyonlarının Tedavisi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekim Fakültesi Derg.* 2011;21(1):48–56.
 61. Erten, H., Uçtasli, M. B., Akarslan, Z. Z., Uzun, O., & Baspınar E. The assessment of unaided visual examination, intraoral camera and operating microscope for the detection of occlusal caries lesions. *Oper Dent.* 2005;30(2):190–4.
 62. Ismail A I. Rationale and evidence for the international caries detection and assessment system (ICDAS II). In: Stookey G (ed) *Proceedings of the 7th Indiana Conference.* Indianapolis; 2005. p. 161–222.
 63. Rationale and Evidence for the International Caries Detection and Assessment System (ICDAS II). In: *International Caries Detection and Assessment System (ICDAS) Coordinating Committee.* Scotland: Dental Health Services Research Unit; 2005.
 64. Guerrieri A, Gaucher C, Bonte E, Lasfargues JJ. Minimal intervention dentistry: Part 4. Detection and diagnosis of initial caries lesions. *Br Dent J.* 2012;213(11):551–7.
 65. Lasfargues J J CP. *Odontologie conservatrice et restauratrice. Tome 1: une approche médicale globale.* 2010.
 66. Bader JD, Shugars DA, Bonito AJ. *Systematic Reviews of Selected Dental*

- Caries Diagnostic and Management Methods. *J Dent Educ.* 2001;65(10):960–8.
67. Selwitz, R. H., Ismail, A. I., & Pitts NB. Dental Caries. *Lancet.* 2007;369(9555):51–9.
 68. Ewoldsen N, Koka S. There are no Clearly Superior Methods for Diagnosing, Predicting, and Noninvasively Treating Dental Caries. *J Evid Based Dent Pract.* 2010;10(1):16–7.
 69. Kühnisch J, Dietz W, Stösser L, Hickel R, Heinrich-Weltzien R. Effects of dental probing on occlusal surfaces - A scanning electron microscopy evaluation. *Caries Res.* 2006;41(1):43–8.
 70. Banerjee A, Cook R, Kellow S, Shah K, Festy F, Sherriff M, et al. A confocal micro-endoscopic investigation of the relationship between the microhardness of carious dentine and its autofluorescence. *Eur J Oral Sci.* 2010;118(1):75–9.
 71. Zandoná AF, Santiago E, Eckert G, Fontana M, Ando M, Zero DT. Use of ICDAS combined with quantitative light-induced fluorescence as a caries detection method. *Caries Res.* 2010;44(3):317–22.
 72. Pretty IA. Caries detection and diagnosis: Novel technologies. *J Dent.* 2006;34(10):727–39.
 73. Lussi, A., & Hellwig E. Risk assessment and preventive measure. *Dent Eros.* 2006;20:190–9.
 74. Lussi, A., & Francescut P. Performance of conventional and new methods for the detection of occlusal caries in deciduous teeth. *Caries Res.* 2003;37(1):2–7.
 75. Shi X, Traneaeus S A-MB. Fluorescence methods. *Minimally invasive dentistry. The management of caries.* 2007. 40–46 p.
 76. Rodrigues JA, Hug I, Diniz MB, Lussi A. Performance of fluorescence methods, radiographic examination and ICDAS II on occlusal surfaces in vitro. *Caries Res.* 2008;42(4):297–304.
 77. Kühnisch J, Heinrich-Weltzien R. Quantitative light-induced fluorescence (QLF)--a literature review. *Int J Comput Dent.* 2004;7(4):325–38.
 78. Eberhart, J., Frentzen, M., & Thoms M. New Optical Techniques for Caries Detection-Fluorescence Based Systems to Identify Noncavitated Lesion. *ZWR.* 2007;116(4):148–56.
 79. Moyer VA. Prevention of dental caries in children from birth through age 5 years: US Preventive Services Task Force recommendation statement. *Pediatrics.*

- 2014;133(6):1102–11.
80. Cagetti MG, Bontà G, Cocco F, Lingstrom P, Strohmer L, Campus G. Are standardized caries risk assessment models effective in assessing actual caries status and future caries increment? A systematic review. *BMC Oral Health*. 2018;18(1):1–10.
 81. Dentistry AA of P. Caries-risk assessment and management for infants, children, and adolescents. *Ref Man Pediatr Dent*. 2021;252–7.
 82. Bratthall D. Dental caries: Intervened - Interrupted - Interpreted: Concluding remarks and Cariography. *Eur J Oral Sci*. 1996;104(4 PART 2):486–91.
 83. Featherstone, J. D., Adair, S. M., Anderson, M. H., Berkowitz, R. J., Bird, W. F., Crall, J. J., ... & Stewart RE. Caries management by risk assessment: consensus statement. *J Calif Dent Assoc*. 2003;31(3):257–69.
 84. Featherstone JDB, Chaffee BW. The Evidence for Caries Management by Risk Assessment (CAMBRA®). *Adv Dent Res*. 2018;29(1):9–14.
 85. Hänsel Petersson G, Twetman S, Bratthall D. Evaluation of a computer program for caries risk assessment in schoolchildren. *Caries Res*. 2002;36(5):327–40.
 86. Petersson GH, Fure S, Bratthall D. Evaluation of a computer-based caries risk assessment program in an elderly group of individuals. *Acta Odontol Scand*. 2003;61(3):164–71.
 87. Holgersson PL, Twetman S, Stècksen-Blicks C. Validation of an age-modified caries risk assessment program (Cariogram) in preschool children. *Acta Odontol Scand*. 2009;67(2):106–12.
 88. Dos Santos APP, Nadanovsky P, De Oliveira BH. A systematic review and meta-Analysis of the effects of fluoride toothpastes on the prevention of dental caries in the primary dentition of preschool children. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2013;41(1):1–12.
 89. American Dental Association. Guidance on caries risk assessment in children. In 2018.
 90. Rotter T, Kinsman L, James E, Machotta A, Willis J, Snow P, et al. The Effects of Clinical Pathways on Professional Practice , Patient Outcomes , Length of Stay , and Hospital Costs : Cochrane Systematic Review and Meta-Analysis. *Eval Health Prof*. 2012;35(1):3–27.
 91. Holmen L, Mejare I, Malmgren B TA. The effect of regular professional plaque

- removal on dental caries in vivo. A polarized light and scanning electron microscope stud. *Caries Res.* 1998;22(4):250–6.
92. Hicks J, Garcia-Godoy F FC. . Biological factors in dental caries: role of saliva and dental plaque in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 1. *J Clin Pediatr Dent.* 2003;28(1):47–52.
 93. Peker K BG. Diş çürüklerinin etiyolojisinde ve önlenmesinde fermente olabilen karbonhidratların önemi. *İstanbul Üniversitesi Diş Hekim Fakültesi Derg.* 2008;42(3–4):1–9.
 94. Kalender B. Başlangıç çürük lezyonlarının tedavisi. *Türkiye Klin J Restor Dent-Special Top.* 2017;3(2):58–65.
 95. Scheaeken MJM, Keltjens HM VDHJ. Effects of fluoride and chlorhexidine on the microflora of dental root surfaces and progression of root surface caries. *J Dent Res.* 1991;70(2):150–3.
 96. Savaş, S.; Küçükylmaz E. Diş hekimliğinde kullanılan remineralizasyon ajanları ve çürük önleyici ajanlar. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekim Fakültesi Derg.* 2014;53(9):113–25.
 97. Soltanimehr E, Bahrapour E YZ. Efficacy of diode and CO2 lasers along with calcium and fluoride-containing compounds for the remineralization of primary teeth. *BMC Oral Health.* 2019;19(1):121.
 98. Poosti M, Ahrari F, Moosavi H NH. The effect of fractional CO2 laser irradiation on remineralization of enamel white spot lesions. *Lasers Med Sci.* 2014;29(4):1349–55.
 99. Dt U, Demir G. Remineralizasyon materyalleri ve teknolojilerine güncel bakış Current overview of remineralization materials and technologie. 2020;81–94.
 100. Tandan M, Gupta S TP. Ozone in Conservative Dentistry & Endodontics: A Review. *Int J Clin Prev Dent.* 2012;8(1):29–35.
 101. Ozone therapy in the management and prevention of caries. Almaz ME, Sönmez IŞ. *J Formos Med Assoc.* 2015;114(1):3–11.
 102. Øgaard B. White spot lesions during orthodontic treatment: mechanisms and fluoride preventive aspects. In: *Seminars in orthodontics.* 2008. p. 183–93.
 103. Kanduti, D., Sterbenk, P., Artnik B. Fluoride: a review of use and effects on health. *Mater Sociomed.* 2016;28(2):133–7.
 104. Jardim JJ, Pagot MA MM. Artificial enamel dental caries treated with different

- topical fluoride regimes: an in situ study. *J dent.* 2008;36(6):396–401.
105. Lin R, Hildebrand T DK. In vitro remineralization associated with a bioerodible fluoridated resin and a fluoride varnish. *Am J Dent.* 2009;22(4):203–5.
 106. Rolla, G; Saxegaard E. Critical Evaluation of the Composition and Use of Topical Fluorides , with Emphasis on the Role of Calcium Fluoride in Caries Inhibition. *J Dent Res.* 1989;69:780–5.
 107. Chow, L. C., & Vogel GL. Enhancing remineralization. *Oper Dent.* 2001;27–38.
 108. Soi, S., Vinayak, V., Singhal, A., & Roy S. Fluorides and their role in demineralization and remineralization. *J Dent Sci Oral Rehabi.* 2013;14:19–21.
 109. Cate JM. Remineralization of Caries Lesions Extending into Dentin. 2001;
 110. Makinen KK, Saag M, Isotupa KP, Olak J N, R, Söderling E et a. Similarity of the effects of erythritol and xylitol on some risk factors of dental caries. *Caries Res.* 2005;39:207–15.
 111. Söderling E, Isokangas P PK, J T. Influence of maternal xylitol consumption on acquisition of mutans streptococci by infants. *J Dent Res.* 2000;79:882–7.
 112. Hayes ML RK. The breakdown of glucose, xylitol and other sugar alcohols by humandental plaque bacteria. *Arch Oral Biol.* 1978;23:445–51.
 113. Takatsuka, T., Exterkate, R. A., & Jacob M. Effects of Isomalt on enamel de- and remineralization, a combined in vitro pH-cycling model and in situ study. *Clin Oral Investig.* 2008;12(2):173–7.
 114. Costa EM, Silva S, Pina C, Tavaría FK PM. Evaluation and insights into chitosan antimicrobial activity against anaerobic oral pathogens. *Anaerobe.* 2012;18(3):305–9.
 115. Rinaudo M. Chitin and chitosan: properties and applications. *Prog Polym Sci.* 2006;31(7):603–32.
 116. Zou L, Zhang L, Li J, Hao Y, Chang L, Li W E, Al. Effect of galla chinensis extract and chemical fractions on demineralization of bovine enamel in vitro. *j dent.* 2008;36(12):999–1004.
 117. Sezer B, Kargul B. Güncel Remineralizasyon Ajanları. *ürkiye Klin Diş Hekim Bilim Derg.* 2020;26(3):472–86.
 118. Wu CD. Grape products and oral health. *J Nutr.* 2009;139(9):1818S-23S.
 119. Benjamin S, Sharma R, Thomas SS N, MT. Grape seed extract as a potential remineralizing agent: a comparative in vitro study. *J Contemp Dent Pr.*

- 2012;13(4):425–30.
120. Kargul B, Özcan M, Peker S NT, Simmons WB, Falster AU et al. Evaluation of human enamel surfaces treated with theobromine: a pilot study. *Oral Heal Prev Den.* 2012;10(3):275–82.
 121. Amaechi BT, Porteous N RK, Mensinkai PK CVR, Sadeghpour A et al. Remineralization of artificial enamel lesions by theobromine. *Caries Res.* 2013;47(5):399–405.
 122. Abbasi AJ, Mohammadi F, Bayat M, Gema SM, Ghadirian H et al. Applications of propolis in Dentistry: A review. *Ethiop J Heal Sci.* 2018;28(4):509.
 123. Dziedzic A, Kubina R, Wojtyczka RD K-DA, Tanasiewicz M MT. The antibacterial effect of ethanol extract of polish propolis on mutans streptococci and lactobacilli isolated from saliva. *Evid Based Complement Altern Med.* 2013;15(5):420–3.
 124. Reynolds EC. Calcium phosphate-based remineralization systems: Scientific evidence? *Aust Dent J.* 2008;53(3):268–73.
 125. Cross KJ, Huq NL, Palamara JE, Perich JW, Reynolds EC. Physicochemical characterisation of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate nanocomplexes. *J Biol Chem.* 2005;280(15):15362–9.
 126. Reynolds EC. Remineralization of enamel subsurface lesions by casein phosphopeptide-stabilized calcium phosphate solutions. *J Dent Res.* 1997;76(9):1587–95.
 127. Walsh LJ. Tooth Mouse: anthology of applications. In: GC Asia Pte Ltd. 2007.
 128. Cross, K. J., Huq, N. L., & Reynolds EC. Casein phosphopeptides in oral health-chemistry and clinical applications. *Curr Pharm Des.* 2007;13(8):793–800.
 129. Reynolds EC, Cai F, Cochrane NJ, Shen P, Walker GD, Morgan M V., et al. Fluoride and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. *J Dent Res.* 2008;87(4):344–8.
 130. Kumar VLN, Itthagarun A, King NM. The effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate on remineralization of artificial caries-like lesions: An in vitro study. *Aust Dent J.* 2008;53(1):34–40.
 131. Nongonierma AB, Fitzgerald RJ. Biofunctional properties of caseinophosphopeptides in the Oral Cavity. *Caries Res.* 2012;46(3):234–67.
 132. Huang S, Gao S, Cheng L, Yu H. Remineralization potential of nano-

- hydroxyapatite on initial enamel lesions: An in vitro study. *Caries Res.* 2011;45(5):460–8.
133. Cochrane NJ, Cai F, Huq NL, Burrow MF, Reynolds EC. Critical review in oral biology & medicine: New approaches to enhanced remineralization of tooth enamel. *J Dent Res.* 2010;89(11):1187–97.
 134. Takikawa R, Fujita K, Ishizaki T, Hayman RE. Restoration of Post-Bleach Enamel Gloss Using a Non-Abrasive, nano-hydroxyapatite conditioner. *J Dent Res.* 2006;85:1670.
 135. Li L, Pan H, Tao J, Xu X, Mao C, Gu X, et al. Repair of enamel by using hydroxyapatite nanoparticles as the building blocks. *J Mater Chem.* 2008;18(34):4079–84.
 136. Hannig C, Hannig M. Natural enamel wear - A physiological source of hydroxylapatite nanoparticles for biofilm management and tooth repair? *Med Hypotheses.* 2010;74(4):670–2.
 137. Allaker RP. Critical review in oral biology & medicine: The use of nanoparticles to control oral biofilm formation. *J Dent Res.* 2010;89(11):1175–86.
 138. Aminzadeh A, Shahabi S, Walsh LJ. Raman spectroscopic studies of CO₂ laser-irradiated human dental enamel. *Spectrochim Acta - Part A Mol Biomol Spectrosc.* 1999;55(6):1303–8.
 139. Döri F, Arweiler N, Gera I, Sculean A. Clinical Evaluation of an Enamel Matrix Protein Derivative Combined With Either a Natural Bone Mineral or β -Tricalcium Phosphate. *J Periodontol.* 2005;76(12):2236–43.
 140. Vogel GL, Zhang Z, Carey CM, Ly A, Chow LC, Proskin HM. Composition of plaque and saliva following a sucrose challenge and use of an α -tricalcium-phosphate-containing chewing gum. *J Dent Res.* 1998;77(3):518–24.
 141. Karlinsey RL, Mackey AC, Walker ER, Frederick KE. Preparation, characterization and in vitro efficacy of an acid-modified β -TCP material for dental hard-tissue remineralization. *Acta Biomater.* 2010;6(3):969–78.
 142. Karlinsey RL, MacKey AC, Walker ER, Frederick KE. Spectroscopic evaluation of native, milled, and functionalized β -TCP seeding into dental enamel lesions. *J Mater Sci.* 2009;44(18):5013–6.
 143. Karlinsey RL, Mackey AC. Solid-state preparation and dental application of an organically modified calcium phosphate. *J Mater Sci.* 2009;44(1):346–9.

144. Earl, J. S., Leary, R. K., Muller, K. H., Langford, R. M., & Greenspan DC. Physical and chemical characterization of dentin surface following treatment with NovaMin technology. *J Clin Dent*. 2011;22(3):62–7.
145. Gillam, D. G., Tang, J. Y., Mordan, N. J., & Newman HN. The effects of a novel Bioglass® dentifrice on dentine sensitivity: a scanning electron microscopy investigation. *J Oral Rehabil*. 2002;29(4):305–13.
146. Burwell AK, Litkowski LJ, Greenspan DC. Calcium sodium phosphosilicate (NovaMin®): remineralization potential. *Adv Dent Res*. 2009;21(1):35–9.
147. Wang X, Megert B, Hellwig E, Neuhaus KW, Lussi A. Preventing erosion with novel agents. *J Dent*. 2011;39(2):163–70.
148. Chiang, Y. C., Chen, H. J., Liu, H. C., Kang, S. H., Lee, B. S., Lin, F. H., ... & Lin CP. A novel mesoporous biomaterial for treating dentin hypersensitivity. *J Dent Res*. 2010;89(3):236–40.
149. Wang, Y., Li, X., Chang, J., Wu, C., & Deng Y. Effect of tricalcium silicate (Ca₃SiO₅) bioactive material on reducing enamel demineralization: an in vitro pH-cycling study. *J dent*. 2012;40(12):1119–26.
150. Vogel, G. L., Zhang, Z., Carey, C. M., Ly, A., Chow, L. C., & Proskin HM. Composition of plaque and saliva following a sucrose challenge and use of an alphasilicic acid-phosphate-containing chewing gum. *J Dent Res*. 1998;77(3):518–24.
151. Brunton, P. A., Davies, R. P. W., Burke, J. L., Smith, A., Aggeli, A., Brookes, S. J., & Kirkham J. Treatment of early caries lesions using biomimetic self-assembling peptides - a clinical safety trial. *Br Dent J*. 2013;215(4):E6–E6.
152. H. Kamasaka, K. To-o, K. Kusaka, T. Kuriki, K. Kometani SO. Effect of phosphoryl oligosaccharides on iron solubility under neutral conditions. *Biosci Biotechnol Biochem*. 1997;61(7):1209–10.
153. H. Kamasaka, S. Imai, T. Nishimura, T. Kuriki TN. Effect of phosphoryl oligosaccharides from potato starch on acid fermentation by mutans streptococci. *J Dent Heal*. 2002;52(1):66–71.
154. Y. Kitasako, M. Tanaka, A. Sadr, H. Hamba, M. Ikeda JT. Effects of a chewing gum containing phosphoryl oligosaccharides of calcium (POs-Ca) and fluoride on remineralization and crystallization of enamel subsurface lesions in situ. *J Dent*. 2011;39(11):771–9.

155. M. Tanaka, Y. Kitasako, T. Nikaido, H. Hamba, M. Ikeda, T. Tanaka et al. Effect of chewing gum containing phosphoryl oligosaccharides of calcium (POs-Ca) on remineralization and hydroxyapatite crystallites of enamel subsurface lesions in situ. *Japanese J Conserv Dent*. 2009;52(6):534–42.
156. Wefel, J. S., & Harless JD. The use of saturated DCPD in remineralization of artificial caries lesions in vitro. *J Dent Res*. 1987;66(11):1640–3.
157. Sullivan, R. J., Charig, A., Blake-Haskins, J., Zhang, Y. P., Miller, S. M., Strannick, M., ... & Margolis HC. C. In vivo detection of calcium from dicalcium phosphate dihydrate dentifrices in demineralized human enamel and plaque. *Adv Dent Res*. 1997;11(4):380–7.
158. Duke S. Effect induced by a chalk-based toothpaste on the pH changes of plaque challenged by a high sugar diet over an 8-hour period. *Caries Res*. 1986;20(381–4).
159. Cury, J. A., Simoes, G. S., Cury, A. D. B., Gonçalves, N. C., & Tabchoury CPM. Effect of a calcium carbonate based dentifrice on in situ enamel remineralization. *Caries Res*. 2005;39(255–7).
160. Danelon M, Pessan JP, Neto FNS de C, ER DA. Effect of toothpaste with nano-sized trimetaphosphate on dental caries: In situ study. *J dent*. 2015;43(7):806–13.
161. Takeshita EM, Danelon M, Castro LP, Cunha RF DA. Remineralizing Potential of a Low Fluoride Toothpaste with Sodium Trimetaphosphate: An in situ Study. *Caries Res*. 2016;50(6):571–8.
162. Featherstone JD ZD. An In Situ Model for Simultaneous of Inhibition of Demineralization and Enhancement of Remineralization. *J Dent Res*. 1992;71:804–10.
163. Ten Cate JM. In vitro laboratory models. *Adv Dent Res*. 1995;9:332–4.
164. Featherstone JDB RB. The effect of acetic, lactic and other organic acids on the formation of artificial carious lesions. *Caries Res*. 1981;15:377–85.
165. White DJ. Use of synthetic polymer gels for artificial carious lesion preparation. *Caries Res*. 1987;21:228–42.
166. Featherstone JDB. Modeling the Caries-inhibitory Effects of Dental Materials. *Dent mater*. 1996;12:194–7.
167. Staninec M, Giles WS, Saiku JM HM. Caries penetration and cement thickness of three luting agents. *Int J Prosthodont* 1. 1988;1:259–63.

168. Featherstone JDB. An updated understanding of the mechanism of dental decay and its prevention. *N&r Qt.* 1990;14:5–11.
169. Featherstone JDB. Fluoride, remineralization and root caries. *Am J Dent.* 1994;7:271-74.
170. Featherstone JD ZD. An in situ model for the simultaneous assessment of inhibition of demineralization and enhancement of remineralization. *J Dent Res.* 1992;71:804–10.
171. Zero DT. In situ caries models. *Adv Dent Res.* 1995;9:214–30.
172. Dijkman, G. E. H. M., & Arends J. Secondary caries in situ around fluoride-releasing light-curing composites: a quantitative model investigation on four materials with a fluoride content between 0 and 26 vol%. *Caries Res.* 1992;26(5):351–7.
173. O'Reilly MM FJ. De- and remineralization around orthodontic appliances: An in vivo study. *Am J Orthod.* 1987;92:33–40.
174. Curzon, M. E. J., Zero, D. T., Treasure, P. E., Eisenberg, A. D., & Featherstone JDB. Evaluation of a sterilizable artificial mouth to study plaque and enamel demineralization. *Foods, Nutr Dent Heal.* 1984;4:7–14.
175. Stookey GK. Animal caries models for evaluating fluoride dentifrices. *Adv Dent Res.* 1995;9:198–207.
176. Chu CH LE. Microhardness of dentine in primary teeth after topical fluoride applications. *J dent.* 2008;36:387–91.
177. Lee YE, Baek HJ, Choi YH, Jeong SH, Park YD SK. Comparison of remineralization effect of three topical fluoride regimens on enamel initial carious lesions. *J dent.* 2010;38:166–81.
178. Featherstone JDB, Ten Cate JM, Shariati M AJ. Comparison of artificial caries-like lesions by quantitative microradiography and microhardness profiles. *Caries Res.* 1983;17(5):385–91.
179. Özer S, Gönülol N, Şen Tunç E AT. Farklı polimerizasyon protokolleri ve yüzey uygulama metodlarının iki farklı fissür örtücünün makaslama bağlanma dayanım kuvveti üzerine etkisi. *Acta Odontol Turc.* 2015;33(2).
180. Agematsu H, Sawada T, Watanabe H, Yanagisawa T IY. Immuno-scanning electron microscope characterization of large tubules in human deciduous dentin. *Anat Rec.* 1997;248:339–45.

181. Ozgul BM, Orhan K OF. No TitleMicro-computed tomographic analysis of progression of artificial enamel lesions in primary and permanent teeth after resin infiltration. *J Oral Sci.* 2015;57(3):177–83.
182. Rovaris K, Ferreira LM, Sousa TO, Peroni LV, Freitas DQ, Wenzel A et al. Feasibility of micro-computed tomography to detect and classify proximal caries lesions in vitro. *Dent Res J.* 2018;15(2):123–9.
183. Akcay M, Arslan H, Mese M, Durmus N CI. Effect of photon-initiated photoacoustic streaming, passive ultrasonic, and sonic irrigation techniques on dentinal tubule penetration of irrigation solution: a confocal microscopic study. *Clin Oral Investig.* 2017;21(7):2205–12.
184. González-Cabezas C, Fontana M, Dunipace AJ, Li Y, Fischer GM P, HM et al. Measurement of enamel remineralization using microradiography and confocal microscopy. A correlational study. *Caries Res.* 1998;32(5):385–92.
185. Schlüter N, Hara A, Shellis RP GC. Methods for the measurement and characterization of erosion in enamel and dentine. *Caries Res.* 2011;45(1):13–23.
186. Ten Bosch JJ A-MB. A review of quantitative methods for studies of mineral content of intra-oral caries lesions. *J Dent Res.* 1991;70(1):2–14.
187. Wilson I. Preventive Dentistry. *Am J Dent Sci.* 1895;29(10).
188. Hyatt TP. Prophylactic Odontotomy: The Cutting into the Tooth for the Prevention of Disease. *Dent Regist.* 1923;77(5):196.
189. Bodecker C. The eradication of enamel fissures. *Dent Items Int.* 1929;51:859–66.
190. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955;34(6):849–53.
191. Bowen R. Method of Preparing a Monomer Having Phenoxy and Methacrylate Groups Linked by Hydroxy Glyceryl Groups. *US Pat.* 1965;179(3).
192. Buonocore M. Adhesive sealing of pits and fissures for caries prevention, with use of ultraviolet light. *J Am Dent Assoc.* 1970;80(2):324–8.
193. Bowen RL. Composite and sealant resins--past, present, and future. *Pediatr Dent.* 1982;4(1):10–5.
194. Gungor, H. C., Altay, N., & Alpar R. No TitleClinical evaluation of a polyacid-modified resin composite-based fissure sealant: two-year results. In: *Operative Dentistry.* 2004. p. 254–60.
195. Wright JT, Crall JJ, Fontana M, Gillette EJ, Nový BB, Dhar V, et al. Evidence-

- based clinical practice guideline for the use of pit-and-fissure sealants: A report of the American Dental Association and the American Academy of Pediatric Dentistry. *J Am Dent Assoc.* 2016;147(8):672-682.e12.
196. Pinkham, J. R., Casamassimo, P. S., Fields, H. W., McTigue, D. J., & Nowak A. *Pediatric Dentistry. Infancy Through Adolescence.* 4th ed. 2005.
 197. Naaman R, El-Housseiny AA AN. The Use of Pit and Fissure Sealants — A literature review. *Dent J.* 2017;34(5):1–19.
 198. Cho S CA. A Review of Glass Ionomer Restorations in the Primary Dentition. *Journal-Canadian Dent Assoc.* 1999;65:491–5.
 199. Kanik Ö, Şebnem Türkün L, Kocatepe A, Diş Ü, Fakültesi H, Diş R, et al. Restoratif Cam İyonomer Simanlarda Güncel Yaklaşımlar Recent Approaches In Restorative Glass Ionomer Cements. *EÜ Dişhek Fak Derg.* 2016;37(2):54–65.
 200. Meyer JM, Cattani-Lorente MA, Dupuis V. Compomers: Between glass-ionomer cements and composites. *Biomaterials.* 1998;19(6):529–39.
 201. Nicholson JW. Polyacid-modified composite resins (“compomers”) and their use in clinical dentistry. *Dent Mater.* 2007;23(5):615–22.
 202. Tyas MJ, Burrow MF. Adhesive restorative materials: A review. *Aust Dent J.* 2004;49(3):112–21.
 203. Puppini-rontani RM, Baglioni-gouvea ME, Mario F, Garcia-godoy F. Compomer as a Pit and Fissure. *J Dent Child.* 2006;73:31–6.
 204. Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of UEDMA, BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. *Dent Mater.* 1998;14(1):51–6.
 205. Cebe F, Cebe MA, Polat S, Bıçakcı H. Comparison of eluted monomer from different indirect and direct resin composites. *J Adhes Sci Technol.* 2017;31(15):1711–22.
 206. Watts DC. Dental restorative materials. *Mater Sci Technol.* 2006;
 207. Stansbury JW. Dimethacrylate network formation and polymer property evolution as determined by the selection of monomers and curing conditions. *Dent Mater.* 2012;28(1):13–22.
 208. Bowen R. L. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. *J Am Dent Assoc.* 1963;66(1):57–64.
 209. Welbury R, Raadal M, Lygidakis NA. EAPD guidelines for the use of pit and

- fissure sealants. *Eur J Paediatr Dent*. 2004;5(3):179–84.
210. Gwinnett AJ. Histologic changes in human enamel following treatment with acidic adhesive conditioning agents. *Arch Oral Biol*. 1971;16(7):731-IN15.
 211. Babu G, Mallikarjun S, Premkumar C, Wilson B. Pit and fissure sealants in pediatric dentistry. *SRM J Res Dent Sci*. 2014;5(4):253.
 212. Donly KJ, García-Godoy F. The Use of Resin-based Composite in Children: An Update. *Pediatr Dent*. 2015;37(2):136–43.
 213. Simonsen RJ. Pit and fissure sealant: Review of the literature. *Pediatr Dent*. 2002;24(5):393–414.
 214. Pinkham JR. Çocuk diş hekimliği: bebeklikten ergenliğe. Atlas Kitapçılık; 2009.
 215. Asmussen E. Clinical relevance of physical, chemical, and bonding properties of composite resins. *Oper Dent*. 1985;10(2):61–73.
 216. Brown, L. J., & Selwitz RH. The impact of recent changes in the epidemiology of dental caries on guidelines for the use of dental sealants. *J Public Health Dent*. 1995;55(5):274–91.
 217. Brown, M. R., Foreman, F. J., Burgess, J. O., & Summitt JB. Penetration of gel and solution etchants in occlusal fissures. *ASDC J Dent Child*. 1988;55(4):265–8.
 218. Dean J. McDonald and Avery's Dentistry for the Child and Adolescent. 10th ed. Amsterdam: Elsevier Health Sciences; 5002.
 219. Gray GB. An evaluation of sealant restorations after 2 years. *Br Dent J*. 1999;186(11):569–75.
 220. Altun C. Kompozit dolgu materyallerinde son gelişmeler. *Gülhane Tıp Derg*. 2005;47(1):77–82.
 221. Bottenberg P, Alaerts M, Keulemans F. A prospective randomised clinical trial of one bis-GMA-based and two ormocer-based composite restorative systems in class II cavities: Three-year results. *J Dent*. 2007;35(2):163–71.
 222. Hench LL. The story of Bioglass®. *J Mater Sci Mater Med*. 2006;17(11):967–78.
 223. Yang SY, Kwon JS, Kim KN, Kim KM. Enamel Surface with Pit and Fissure Sealant Containing 45S5 Bioactive Glass. *J Dent Res*. 2016;95(5):550–7.
 224. Hu S, Chang J, Liu M, Ning C. Study on antibacterial effect of 45S5 Bioglass®. *J Mater Sci Mater Med*. 2009;20(1):281–6.
 225. Yli-Urpo H, Vallittu PK, Närhi TO, Forsback AP, Väkiparta M. Release of silica, calcium, phosphorus, and fluoride from glass ionomer cement containing

- bioactive glass. *J Biomater Appl*. 2004;19(1):5–20.
226. Deliperi, S., Bardwell, D. N., Wegley, C., & Congiu MD. In vitro evaluation of giomers microleakage after exposure to 33% hydrogen peroxide: self-etch vs total-etch adhesives. *Oper Dent*. 2006;31(2):227–32.
 227. Kooi, T. J. M., Tan, Q. Z., Yap, A. U. J., Guo, W., Tay, K. J., & Soh MS. Effects of food-simulating liquids on surface properties of giomer restoratives. *Oper Dent*. 2012;37(6):665–71.
 228. Durham, S. N., Meyers, E. J., Bailey, C. W., & Vandewalle KS. Microleakage and shear bond strength of a new sealant containing prereacted glass ionomer particles. *Gen Dent*. 2017;65(2):12–6.
 229. Kimyai S, Savadi-Oskoei S, Ajami AA, Sadr A, Asdaghi S. Effect of three prophylaxis methods on surface roughness of giomer. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2011;16(1):110–4.
 230. Choudhary P, Tandon S, Ganesh M, Mehra A. Evaluation of the remineralization potential of amorphous calcium phosphate and fluoride containing pit and fissure sealants using scanning electron microscopy. *Indian J Dent Res*. 2012;23(2):157–63.
 231. Llana C, Forner L, Baca P. Anticariogenicity of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate: A review of the literature. *J Contemp Dent Pract*. 2009;10(3):1–9.
 232. Langhorst SE, O'Donnell JNR, Skrtic D. In vitro remineralization of enamel by polymeric amorphous calcium phosphate composite: Quantitative microradiographic study. *Dent Mater*. 2009;25(7):884–91.
 233. Zainuddin N, Karpukhina N, Law R V., Hill RG. Characterisation of a remineralising Glass Carbomer® ionomer cement by MAS-NMR Spectroscopy. *Dent Mater*. 2012;28(10):1051–8.
 234. Arita K, Yamamoto A, Shinonaga Y, Harada K, Abe Y, Nakagawa K, et al. Hydroxyapatite particle characteristics influence the enhancement of the mechanical and chemical properties of conventional restorative glass ionomer cement. *Dent Mater J*. 2011;30(5):672–83.
 235. Aljawad AJSR. Retrospective Study of the Survival and Patient Satisfaction with Composite Dahl Restorations in the Management of Localised Anterior Tooth Wear. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2013;21(1):44–8.

236. Dülgergil ÇT, Ertürk AT. Diş Hekimliği Restoratif Uygulamalarında Yeni Materyal Olarak Cam Karbomer Simanlar. Atatürk Üniversitesi Diş Hekim Fakültesi Derg. 2016;26(3):517–23.
237. Leake, J. L., Main, P. A., & Woodward GL. Developing evidence-based programme guidelines for children's dental care in a dental public health unit in Ontario, Canada. *Community Dent Health*. 1997;14(1):11–7.
238. Welbury R, Raadal M, Lygidakis NA. EAPD guidelines for the use of pit and fissure sealants. Vol. 3, *European Journal of Paediatric Dentistry*•. 2004.
239. Feigal RJ, Hitt J SC. Retaining sealant on salivary contaminated enamel. *J Am Dent Assoc*. 1993;124(3):88–97.
240. Manton DJ ML. Pit and fissure sealants: another major cornerstone in preventive dentistry. *Aust Dent J*. 1995;40(1):22–9.
241. JENSEN, Ø. E., & HANDELMAN SL. Effect of an autopolymerizing sealant on viability of microflora in occlusal dental caries. *Eur J Oral Sci*. 1980;88(5):382–8.
242. Pope Jr, B. D., Garcia-Godoy, F., Summitt, J. B., & Chan DD. Effectiveness of occlusal fissure cleansing methods and sealant micromorphology. *ASDC J Dent Child*. 1996;63(3):175–80.
243. Pérez-Lajarín L, Cortés-Lillo O, García-Ballesta C, Cózar-Hidalgo A. Marginal microleakage of two fissure sealants: A comparative study. *J Dent Child*. 2003;70(1):24–8.
244. Duangthip D, Lussi A. Effects of fissure cleaning methods, drying agents, and fissure morphology on microleakage and penetration ability of sealants in vitro. *Pediatr Dent*. 2003;25(6):527–33.
245. Sutalo J, Pupic V, Velenje T, Ciglar I, Skaljic G T, M. Scanning electron microscopic study of penetrability of sealants in relation to fissure morphology of permanent premolars in humansv. *Oralprophylaxe*. 1989;11(83–88).
246. IYER, R. R., Gopalakrishnapillai, A. C., & Kalantharakath T. Comparisons of in vitro penetration and adaptation of moisture tolerant resin sealant and conventional resin sealant in different fissure types. *Chinese J Dent Res*. 2013;16(2):127–36.
247. Ganesh M, Shobha T. Comparative evaluation of the marginal sealing ability of Fuji VII® and Concise® as pit and fissure sealants. *J Contemp Dent Pract*.

- 2007;8(4):10–8.
248. Perdigao, J., Swift, E., & Walter R. Fundamental concepts of enamel and dentin adhesion. *Sturdevant's Art Sci Oper Dent*. 2014;114–40.
 249. Perdigao J. New Developments in Dental Adhesion. *Dent Clin North Am*. 2007;51(2):333–57.
 250. Landuyt KL Van, Snauwaert J, Munck J De, Peumans M, Coutinho E, Suzuki K, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*. 2007;28(26):3757–85.
 251. Van Meerbeek, B., De Munck, J., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Vijay, P., ... & Vanherle G. Adhesion to Enamel and Dentin: Current Status and Future Challenges. In: *Operative dentistry*. 2003. p. 215–35.
 252. Swift, E. J., Perdigão, J., & Heymann HO. Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art. *QUINTESSENCE Int Ed*. 1995;26:95–95.
 253. Buonocore, M. G., Matsui, A., & Gwinnett AJ. Penetration of resin dental materials into enamel surfaces with reference to bonding. *Arch Oral Biol*. 1968;13(1):61–IN20.
 254. Eick, J. D., Wilko, R. A., Anderson, C. H., & Sorensen SE. Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J Dent Res*. 1970;49(6):1359–68.
 255. Nakabayashi, N., Kojima, K., & Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res*. 1982;16(3):265–73.
 256. Inokoshi S. A comparative study on the decalcified and undercalcified sections and the application of argon ion beam etching to disclose the resin-impregnated layer of dentin. *Jpn J Conserv Dent*. 1990;33:427–42.
 257. Van Meerbeek, B., Vargas, M., Inoue, S., Yoshida, Y., Peumans, M., Lambrechts, P., & Vanherle G. No Title. In: *Operative dentistry*. 2001. p. 119–44.
 258. Akinmade, A. O., & Nicholson JW. Glass-ionomer cements as adhesives. *J Mater Sci Mater Med*. 1993;4(2):95–101.
 259. Sofan E, Romeo U, Migliau G, Migliau G. Classification review of dental adhesive systems : from the IV generation to the universal type. *Ann Stomatol (Roma)*. 2017;1:1–17.

260. Söderholm KJ. Correlation of in vivo and in vitro performance of adhesive restorative materials: a report of the ASC MD156 Task Group on Test Methods for the Adhesion of Restorative Materials. *Dent Mater.* 1991;7(2):74–83.
261. Ibsen, R., Ouellet, D., & Strassler H. Clinically successful dentin and enamel bonding. *Am J Dent.* 1989;2:125–31.
262. Bowen, R. L., Cobbt, E. N., & Rapsont JE. Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. In XII. Adsorption of N-(2hydroxy-3-methacryloxypropyl)-N-phenylglycine (NPG-GMA) on Hydroxyapatite. *J Coil Interface Sci* 61 (No. 1967;
263. Kugel, G., & Ferrari M. The science of bonding: from first to sixth generation. *J Am Dent Assoc.* 2000;131(J):20S-25S.
264. Goodman C. American Dental Association Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment. In: *Medical Technology Assessment Directory: A Pilot Reference To Organizations, Assessments, and Information Resources* National Academies Press. 1988.
265. Broome, J. C., Duke, E. S., & Norling BK. Shear bond strengths of composite resins with three different adhesives. *J Dent Res.* 1985;64:244.
266. Tao, L., Pashley, D. H., & Boyd L. Effect of different types of smear layers on dentin and enamel shear bond strengths. *Dent Mater.* 1988;4(4):208–16.
267. Tay FR, Gwinnett A, Pang KM, Wei SHY. Structural Evidence of a Sealed Tissue Interface with a Total-etch Wet-bonding technique In vivo. *J Dent Res.* 1994;73(3):629–36.
268. Alex G. Adhesive considerations in the placement of direct composite restorations. *Funct Esthet Restor Dent.* 2008;1(1):20–5.
269. Pashley EL, Agee KA, Pashley DH, Tay FR. Effects of one versus two applications of an unfilled , all-in-one adhesive on dentine bonding. *J Dent.* 2002;30(2–3):83–90.
270. Fabiantelli, A., Vichi, A., Kugel, G., & Ferrari M. Influence of self-etching-priming bonding systems on sealing ability of class II restorations: Leakage sem evaluation. *J Dent Res.* 2000;79:182.
271. Moszner N, Salz U. Chemical aspects of self-etching enamel – dentin adhesives : A systematic review. *Dent Mater.* 2005;21(10):895–910.
272. Tay, F. R., & Pashley DH. Have Dentin Adhesives Become Too Hydrophilic?

- ournal-Canadian Dent Assoc. 2003;69(11):726–32.
273. Hanabusa M, Mine A, Kuboki T, Momoi Y. Bonding effectiveness of a new ‘ multi-mode ’ adhesive to enamel and dentine. *J Dent*. 2012;40(6):475–84.
 274. Marchesi G, Frassetto A, Mazzoni A, Cadenaro M, Apolonio F, Diolosa M, et al. ScienceDirect Adhesive performance of a multi-mode adhesive system : 1-Year in vitro study. *J dent*. 2014;2.
 275. Ba G, Özer T, Devecio J. Comparison of a recently developed nanofi ller self-etching primer adhesive with other self-etching primers and conventional acid etching. *Eur J Orthod*. 2009;31:271–5.
 276. Kasraei, S. H., Atai, M., Khamverdi, Z., & Nejad SK. The effect of nanofiller addition to an experimental dentin adhesive on microtensile bond strength to human dentin. *Front Dent*. 2009;36–41.
 277. Deliperi S, Bardwell DN, Wegley C. Restoration interface microleakage using one total-etch and three self-etch adhesives. *Oper Dent*. 2007;32(2):179–84.
 278. Muñoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NHC. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *J Dent*. 2013;41(5):404–11.
 279. Gwinnett, A. J., & Matsui A. A study of enamel adhesives: the physical relationship between enamel and adhesive. *Arch Oral Biol*. 1967;12(12):1615-1N46.
 280. Finger WJ, Balkenhol M. Practitioner variability effects on dentin bonding with an acetone-based one-bottle adhesive. *J Adhes Dent*. 1999;1(4):311–4.
 281. Van Meerbeek, B., Van Landuyt, K., De Munck, J., Hashimoto, M., Peumans, M. et al. echnique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dent Mater J*. 2005;24(1):1–13.
 282. Sundfeld RH, Valentino TA, Sversut De Alexandre R, Briso ALF, Sundefeld MLMM. Hybrid layer thickness and resin tag length of a self-etching adhesive bonded to sound dentin. *J Dent*. 2005;33(8):675–81.
 283. Tsuchiya K, Takamizawa T, Barkmeier WW, Tsubota K, Tsujimoto A, Berry TP, et al. Effect of a functional monomer (MDP) on the enamel bond durability of single-step self-etch adhesives. *Eur J Oral Sci*. 2016;124(1):96–102.
 284. Giannini M, Makishi P, Ayres APA, Vermelho PM, Fronza BM, Nikaido T, et al. Self-Etch adhesive systems: A literature review. *Braz Dent J*. 2015;26(1):3–10.

285. Hayakawa, T., Kikutake-Sugiyama, K., & Nemoto K. Efficacy of water-soluble photoinitiator on the adhesion of composite resin to bovine teeth in all-in-one bonding system. *Dent Mater J.* 2005;24(2):213–8.
286. BAĞLAR S, BAYRAKTAR Y, ERCAN E, MUTLUAY AT, ŞENGÜN A. the Challenge of Mdp Monomer Containing Adhesive Systems: Comparison of Shear Bond Strengths. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekim Fakültesi Derg.* 2015;25(1):21–8.
287. Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T, et al. Self-assembled nano-layering at the adhesive interface. *J Dent Res.* 2012;91(4):376–81.
288. Van Landuyt, K. L., De Munck, J., Snauwaert, J., Coutinho, E., Poitevin, A. et al. Monomer-solvent phase separation in one-step self-etch adhesives. *J Dent Res.* 2005;84(2):183–8.
289. Yeniad, B; Albayrak, AZ; Olcum, NC; Avci D. Synthesis and photopolymerizations of new phosphonated monomers for dental applications. *J Polym Sci Pt Polym Chem.* 2008;46(2290–2299).
290. Hashimoto M, Ohno H, Sano H, Kaga M, Oguchi H. In vitro degradation of resin-dentin bonds analyzed by microtensile bond test, scanning and transmission electron microscopy. *Biomaterials.* 2003;24(21):3795–803.
291. Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Itthagarun A. Single-step adhesives are permeable membranes. *J Dent.* 2002;30(7–8):371–82.
292. Van Landuyt KL, Snauwaert J, Peumans M, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B. The role of HEMA in one-step self-etch adhesives. *Dent Mater.* 2008;24(10):1412–9.
293. Sezinando A, Perdigao J. Laboratory bonding ability of a multi-purpose dentin adhesive. *Aadr.* 2012;(June):13–5.
294. Bouillaguet S, Gysi P, Wataha JC, Ciucchi B, Cattani M, Godin C, et al. Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step, and self-etching adhesive systems. *J Dent.* 2001;29(1):55–61.
295. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater.* 2011;27(1):17–28.
296. Rotta M, Bresciani P, Moura SK, Grande RHM, Hilgert LA, Baratieri LN, et al. Effects of phosphoric acid pretreatment and substitution of bonding resin on

- bonding effectiveness of self-etching systems to enamel. *J Adhes Dent*. 2007;9(6):537–45.
297. Erickson RL, Barkmeier WW, Kimmes NS. Bond strength of self-etch adhesives to pre-etched enamel. *Dent Mater*. 2009;25(10):1187–94.
 298. Van Landuyt KL, De Munck J, Mine A, Cardoso M V., Peumans M, Van Meerbeek B. Filler debonding & subhybridlayer failures in self-etch adhesives. *J Dent Res*. 2010;89(10):1045–50.
 299. De Munck J, Mine A, Poitevin A, Van Ende A, Cardoso MV, Van Landuyt KL, et al. Meta-analytical review of parameters involved in dentin bonding. *J Dent Res*. 2012;91(4):351–7.
 300. Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, De Stefano Dorigo E. Dental adhesion review: Aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater*. 2008;24(1):90–101.
 301. Yoshihara K, Yoshida Y, Hayakawa S, Nagaoka N, Kamenoue S, Okihara T, et al. Novel fluoro-carbon functional monomer for dental bonding. *J Dent Res*. 2014;93(2):189–94.
 302. Tuncer D, Yazici AR, Özgünaltay G, Dayangac B. Clinical evaluation of different adhesives used in the restoration of non-carious cervical lesions: 24-month results. *Aust Dent J*. 2013;58(1):94–100.
 303. Muñoz MA, Sezinando A, Luque-Martinez I, Szesz AL, Reis A, Loguercio AD, et al. Influence of a hydrophobic resin coating on the bonding efficacy of three universal adhesives. *J Dent*. 2014;42(5):595–602.
 304. Inoue S, Van Meerbeek B, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, et al. Effect of remaining dentin thickness and the use of conditioner on micro-tensile bond strength of a glass-ionomer adhesive. *Dent Mater*. 2001;17(5):445–55.
 305. Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Fukuda R OM, G. LP& V. Interfacial characteristics of resin-modified glass-ionomers bonded to dentin. *J Dent Res*. 2001;80:739.
 306. Van Meerbeek B, Yoshida Y LP& VG. Mechanisms of bonding of a resin-modified glass-ionomer adhesive to dentin *Journal of Dental Research*. *J Dent Res*. 1998;77:911.
 307. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res*.

- 2000;79(6):1385–91.
308. Hashimoto M, Ohno H, Sano H, Kaga M, Oguchi H. Degradation Patterns of Different Adhesives and Bonding Procedures. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater.* 2003;66(1):324–30.
 309. Malacarne J, Carvalho RM, de Goes MF, Svizero N, Pashley DH, Tay FR, et al. Water sorption/solubility of dental adhesive resins. *Dent Mater.* 2006;22(10):973–80.
 310. Davidson, C. L., & Abdalla AI. Effect of occlusal load cycling on the marginal integrity of adhesive Class V restorations. *Am J Dent.* 1994;7(2):111–4.
 311. Öztürk F, Ersöz M, Öztürk SA, Hatunoğlu E, Malkoç S. Micro-CT evaluation of microleakage under orthodontic ceramic brackets bonded with different bonding techniques and adhesives. *Eur J Orthod.* 2016;38(2):163–9.
 312. AYYILDIZ, S., UYAR, U. D. H. A., & YÜZÜGÜLLÜ B. DIŞ HEKİMLİĞİNDE MİKROSIZINTI VE İNCELEME YÖNTEMLERİ. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekim Fakültesi Derg.* 2009;19(3):219–26.
 313. Yavuz, I., Tumen, E. C., Kaya, C. A., Dogan, M. S., Gunay, A., Unal, M., ... & Bahsi E. he reliability of microleakage studies using dog and bovine primary teeth instead of human primary teeth. *Eur J Paediatr Dent.* 2013;14(1):42–6.
 314. Crim, G. A., & Mattingly SL. Evaluation of two methods for assessing marginal leakage. *J Prosthet Dent.* 1981;45(2):160–3.
 315. Mathis, R. S., DeWald, J. P., Moody, C. R., & Ferracane JL. Marginal leakage in class V composite resin restorations with glass ionomer liners in vitro. *he J Prosthet Dent.* 1990;63(5):522–5.
 316. Silveira de Araújo C, Incerti da Silva T, Ogliari FA, Meireles SS, Piva E DF. Microleakage of Seven Adhesive. *J Contemp Dent Pract.* 2006;7(5):26–33.
 317. Alhabdan AA. Review of Microleakage Evaluation Tools. *J Int Oral Heal.* 2017;9(4):141–5.
 318. Marquezan M, Naha F, Eloy L, Filho R, Hebling J, Guedes-pinto AC. Artificial methods of dentine caries induction : A hardness and morphological comparative study. *Arch Oral Biol.* 2009;54(12):1111–7.
 319. Füsün, A., Füsün, Ö., Sema, B., & Solen K. Acetate peel technique : a rapid way of preparing sequential surface replicas of dental hard tissues for microscopic examination. *Arch Oral Biol.* 2005;50(10):837–42.

320. Mohapatra, A., & Sivakumar N. Microleakage Evaluation using Acetate Peel Technique. *J Clin Pediatr Dent.* 2011;35(3):283–8.
321. Taylor MJ LE. Microleakage. *J dent.* 1992;20(1):3–10.
322. Zivkovic S, Bojovic S PD. Bacterail penetration of restored cavities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001;34(7):547–53.
323. Hansen, S. R., & Montgomery S. Effect of restoration thickness on the sealing ability of TERM. *J Endod.* 1993;19(9):448–52.
324. Cox CF. Evaluation and treatment of bacterial microleakage. *Am J Dent.* 1994;2(3):121–4.
325. Delivanis PD CK. Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1982;53(4):410–6.
326. Pradelle-Plasse N, Wenger F, Picard B CP. Evaluation of microleakage of composite resin restorations by an electrochemical technique: The impedance methodology. *Dent Mater.* 2004;20(5):425–34.
327. Nahvi, A., Razavian, A., Abedi, H., & Charati JY. A comparison of microleakage in self - etch fissure sealants and conventional fissure sealants with total - etch or self - etch adhesive systems. *Eur J Dent.* 2018;12(02):242–6.
328. Prabakar J, John J, Arumungham IM, Kumar RP SD. Comparative Evaluation of Retention, Cariostatic Effect and Discoloration of Conventional and Hydrophilic Sealants - A Single Blinded Randomized Split Mouth Clinical Trial. *Contemp Clin Dent.* 2018;9(2):233–9.
329. Celiberti P, Lussi A. Penetration ability and microleakage of a fissure sealant applied on artificial and natural enamel fissure caries. *J Dent.* 2007;35:59–67.
330. Kucukyilmaz E, Savas S. Evaluation of shear bond strength , penetration ability , microleakage and remineralization capacity of glass ionomer-based fissure sealants. *Eur J Paediatr Dent.* 2016;17–23.
331. Yang S, Kwon J, Kim K, Kim K. Enamel Surface with Pit and Fissure Sealant Containing 45S5 Bioactive Glass. *J Dent Res.* 2016;95(5):550–7.
332. Silva K PD ve ark. In situ evaluation of the remineralizing capacity of pit and fissure sealants containing amorphous calcium phosphate and/or fluoride. *Acta Odontol Scand.* 2010;68(1).
333. Erbas Unverdi, G., Atac, S. A., & Cehreli ZC. Effectiveness of pit and fissure

- sealants bonded with different adhesive systems : a prospective randomized controlled trial. *Clin Oral Investig.* 2017;21(7):2235–43.
334. Zhou, J., Watanabe, S., Watanabe, K., Wen, L. Y., & Xuan K. In vitro study of the effects of fluoride-releasing dental materials on remineralization in an enamel erosion model. *J Dent.* 2012;40(3):255–63.
 335. Al Tuwirqi, A. A., Alshammari, A. M., Felemban, O. M., & Farsi NMA. Comparison of Penetration Depth and Microleakage of Resin Infiltrant and Conventional Sealant in Pits and Fissures of Permanent Teeth In Vitro. *J Contemp Dent Pr.* 2019;20(11):1339–44.
 336. Memarpour M, Shafiei F, Rafiee A, Soltani M, Dashti MH. Effect of hydroxyapatite nanoparticles on enamel remineralization and estimation of fissure sealant bond strength to remineralized tooth surfaces : an in vitro study. *BMC Oral Health.* 2019;19(1):1–14.
 337. Hatirli H, Yasa B, Yasa E. Microleakage and penetration depth of different fissure sealant materials after cyclic thermo-mechanic and brushing simulation. *Dent Mater journal,.* 2018;37(1):15–23.
 338. Garg N, Indushekar KR, Saraf BG, Sheoran N, Sardana D. Comparative Evaluation of Penetration Ability of Three Pit and Fissure Sealants and Their Relationship with Fissure Patterns. 2018;19(2):92–9.
 339. Weir, M. D., Chow, L. C., & Xu HHK. Remineralization of demineralized enamel via calcium phosphate nanocomposite. *J Dent Res.* 2012;91(10):979–84.
 340. Arora, T. C., Arora, D., Tripathi, A. M., Yadav, G., Saha, S., & Dhinsa K. An In-Vitro evaluation of resin infiltration system and conventional pit and fissure sealant on enamel properties in white spot lesions. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2019;37(2):133.
 341. Al Jawish, A., Azzawy, S., & Al-Nerabieah Z. Effectiveness of Pit and Fissure Sealants Containing Amorphous Calcium Phosphate (ACP) and Fluoride in the Prevention of Demineralization of Adjacent Enamel: In-Vitro Study. *Int J Dent Oral Sci.* 2021;8(2):1398–403.
 342. Jayarajan, J., Janardhanam, P., & Jayakumar P. Efficacy of CPP-ACP and CPP-ACPF on enamel remineralization-An in vitro study using scanning electron microscope and DIAGNOdent®. *Indian J Dent Res.* 2011;22(1):77.
 343. Cochrane, N. J., Walker, G. D., Manton, D. J., & Reynolds EC. Comparison of

- quantitative light-induced fluorescence, digital photography and transverse microradiography for quantification of enamel remineralization. *Aust Dent journal*,. 2012;57(3):271–6.
344. Eidelman E, Shapira J HM. The retention of fissure sealants using 20-second etching time: 3-year follow-up. *ASDC J Dent Child*. 1988;55:119–20.
 345. Duggal MS, Tahmassebi JF, Tumba KJ M, C. The effect of different etching times on the retention of fissure sealants in second primary and first permanent molars. *Int J Paediatr Dent*. 1997;7:81–6.
 346. Garg D, Mahabala K, Lewis A, Natarajan S, Nayak A, Rao A. Comparative evaluation of sealing ability , penetration and adaptation of a self etching pit and fissure sealant- stereomicroscopic and scanning electron microscopic analyses. *J Clin Exp Dent*. 2019;11(6):e547.
 347. Perdigão J, Sezinando A, Gomes G. In vitro sealing potential of a self-adhesive pit and fissure sealant. *Quintessence Int (Berl)*. 2011;42(5):65–74.
 348. Perdigão J, & Loguercio AD. International Academy for Adhesive Dentistry (IAAD). *Rev Esp Invest Sociol*. 2015;26:1176–84.
 349. Takamizawa T, Erickson RL. Influence of Pre-etching Times on Fatigue Strength of Self-etch Adhesives to Enamel. *J Adhes Dent*. 2016;18(6):501–11.
 350. Ataol E, Ertan A, Cehreli ZC. Sealing effectiveness of fissure sealants bonded with universal adhesive systems : influence of different etching modes. *J Adhes Sci Technol*. 2017;4243:0.
 351. Meyer-lueckel H, Paris S, Mueller J, Kielbassa AM, Franklin B. Influence of the application time on the penetration of different dental adhesives and a fissure sealant into artificial subsurface lesions in bovine enamel. *Dent Mater*. 2006;22(1):22–8.
 352. B. Torstenson MB. Contraction gap under composite resin restorations: effect of hygroscopic expansion and thermal stress. *Oper Dent*. 1988;13:24–31.
 353. Rossomando, K. J., & Wendt Jr SL. Thermocycling and dwell times in microleakage evaluation for bonded restorations. *Dent Eros*. 1995;11(1):47–51.
 354. McCabe JF WA. Properties used to characterize material. *Appl Dent Mater ed*. 1998;4–28.
 355. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent*. 1999;27(2):89–99.

356. Gorseta K, Borzabadi-farahani A, Vrazic T, Glavina D. An In-Vitro Analysis of Microleakage of Self-Adhesive Fissure Sealant vs . Conventional and GIC Fissure Sealants. *Dent Journal*,. 2019;7(2):32.
357. Vijayakumar M, Arangannal P, Jeevarathan J, Amudha S, Aarthi J, Shankar P. Evaluation of microleakage of four commercially available fluoride-releasing pit and fissure sealants – An in vitro study. *Drug Invent Today*. 2019;11(11).
358. Marks D, Owens DDSBM, Johnson WW. Effect of adhesive agent and fissure morphology on the in vitro microleakage and penetrability of pit and fissure sealants. *Quintessence Int (Berl)*. 2009;40(9).
359. Prabakar J, Indiran MA, Kumar P, Dooraikannan S, Jeevanandan G. Microleakage Assessment of Two Different Pit and Fissure Sealants: A Comparative Confocal Laser Scanning Microscopy Study. *International J Clin Pediatr Dent*. 2020;13(Suppl 1):S29.
360. Burbank BD, Slater M, Kava A, Doyle J, Mchale WA, Latta MA, et al. Ion release, fluoride charge of and adhesion of an orthodontic cement paste containing microcapsules. *J Dent*. 2016;45:32–8.
361. Cehreli ZC, Cem H. Quantitative Microleakage Evaluation of Fissure Sealants Applied With or Without a Bonding Agent: Results After Four-year Water Storage In Vitro. *J Adhes Dent*. 2008;10(5):379–84.
362. Zmener, O., & Pameijer CH. Bacterial microleakage of a bioactive pit & fissure sealant . An in vitro evaluation. *Am J Dent*. 2019;32(5).
363. Rodrigues, E., Delbem, A. C. B., Pedrini, D., & Cavassan L. Enamel Remineralization by Fluoride-Releasing Materials: Proposal of a pH-Cycling Model. *Braz Dent J*. 2010;21(5):446–51.
364. Ten Cate JM DP. Alternating Demineralization and Remineralization of Artificial Enamel Lesions. *Caries Res*. 1982;16(3):201–10.
365. Utneja S, Talwar S, Nawal RR, Sapra S, Mittal M, Rajain A, et al. Evaluation of remineralization potential and mechanical properties of pit and fissure sealants fortified with nano-hydroxyapatite and nano-amorphous calcium phosphate fillers : An in vitro study. *ournal Conserv Dent*. 2018;21(6):681–90.
366. Shimazu, K., Ogata, K., & Karibe H. Caries-preventive effect of fissure sealant containing surface reaction-type pre-reacted glass ionomer filler and bonded by self-etching primer. *J Clin Pediatr Dent*. 2012;36(4):343–7.

367. Lobo, M. M., Pecharki, G. D., Tengan, C., da Silva, D. D., da Silva Tagliaferro, E. P., & Napimoga MH. Fluoride-releasing capacity and cariostatic effect provided by sealants. *Journal Oral Sci.* 2005;47(1):35–41.
368. Cherian, N. M., Girish, T. N., & Ponnappa KC. Comparative evaluation of remineralizing potential of commercially available agents MI paste, Remin pro, and Clinpro using Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2020;23(5):457.
369. Ibrahim, M. S., Balhaddad, A. A., Garcia, I. M., Collares, F. M., Weir, M. D., Xu, H. H., & Melo MAS, Anne M, Melo S. pH-responsive calcium and phosphate-ion releasing antibacterial sealants on carious enamel lesions in vitro. *J Dent.* 2020;97:103323.
370. Tavassoli-hojjati S, Atai M, Haghgoo R, Rahimian-imam S, Kameli S. Comparison of Various Concentrations of Tricalcium Phosphate Nanoparticles on Mechanical Properties and Remineralization of Fissure Sealants. *J Dent (Tehran).* 2014;11(4):379–88.
371. Schmidlin, P., Zobrist, K., Attin, T., & Wegehaupt F. In vitro re-hardening of artificial enamel caries lesions using enamel matrix proteins or self-assembling peptide. *Journal Appl Oral Sci.* 2016;24:31–6.
372. Biesbrock, A. R., Faller, R. V., Bartizek, R. D., & McClanahan SF. Reversal of incipient and radiographic caries through the use of sodium and stannous fluoride dentifrices in a clinical trial. *J Clin Dent.* 1998;9(1):5–10.
373. Amaechi BT, Abdulazees PA, Alshareif DO, Shehata MA, Paula P, Sampaio DC, et al. Comparative efficacy of a hydroxyapatite and a fluoride toothpaste for prevention and remineralization of dental caries in children. *BDJ open.* 2019;5(1):1–9.
374. Garcia IM, Balhaddad AA, Aljuboory N, Anne M, Melo S De. Wear Behavior and Surface Quality of Dental Bioactive Ions-Releasing Resins Under Simulated Chewing Conditions. *Front Oral Heal* 2. 2021;2:1–12.
375. Chen L, Zeng S, Li Y, Du M. Evaluation of Ion Release from Four Dental Sealants. *Curr Med Sci.* 2018;38(3):524–9.
376. Şişmanoğlu S. Fluoride release of giomer and resin based fissure sealants. *Odovtos Int J Dent Sci.* 2019;21(2):45–52.
377. Zawaideh, F. I., Owais, A. I., & Kawaja W. Ability of pit and fissure sealant-

- containing amorphous calcium phosphate to inhibit enamel demineralization. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2016;9(1):10.
378. Silva K, Pedrini D, Carlos A, Delbem B, Cannon M, Pedrini D, et al. In situ evaluation of the remineralizing capacity of pit and fissure sealants containing amorphous calcium phosphate and / or fluoride. 2010;6357.
379. Paris, S., Meyer-Lueckel, H., Mueller, J., Hummel, M., & Kielbassa AM. Progression of Sealed Initial Bovine Enamel Lesions under Demineralizing Conditions in vitro. *Caries Res*. 2006;40(2):124–9.
380. Peris, A. R., Mitsui, F. H., Lobo, M. M., Bedran-russo, A. K., & Marchi GM. adhesive systems and secondary caries formation: Assessment of dentin bond strength, caries lesions depth and fluoride release. *Dent Mater*. 2007;23(3):308–16.

HAM VERİLER

		C1/2										C1/2										C1/3										C1/4									
		KONTROL										DEMİNERALİZE MİNE										CLINPRO										BOND + CLINPRO									
		Ca	P	Ca/P	Na	F	O	C	Ca	P	Ca/P	Na	F	O	C	Ca	P	Ca/P	Na	F	O	C	Ca	P	Ca/P	Na	F	O	C	Ca	P	Ca/P	Na	F	O	C					
0	1	21.83	17.00	1.28	0.25	0.55	29.17	31.20	4.84	4.66	1.04	0.37	0.18	40.61	48.80	9.15	9.86	0.93	0.39	0.47	36.87	43.25	13.36	15.56	0.86	0.67	0.39	43.98	26.04												
	2	19.70	17.33	1.14	0.55	0.42	36.84	25.16	6.81	5.52	1.24	0.14	0.35	40.24	46.92	11.02	11.12	0.91	0.52	0.83	39.25	36.26	13.38	14.91	0.90	0.55	0.94	39.97	30.25												
	3	20.08	16.81	1.31	0.58	0.57	37.07	22.89	4.84	3.10	1.55	0.38	0.23	43.67	47.00	10.52	11.19	0.84	0.58	0.73	36.01	40.95	15.22	15.86	0.90	0.49	0.64	35.57	31.88												
	Ort.	21.20	17.05	1.24	0.46	0.51	34.36	26.42	5.50	4.43	1.24	0.30	0.25	41.51	47.57	10.23	11.06	0.92	0.50	0.68	37.38	40.15	13.89	15.44	0.91	0.57	0.66	38.95	29.39												
5	1	15.89	15.59	1.02	0.53	0.50	37.08	30.41	16.18	14.88	1.09	0.69	0.37	42.45	25.30	17.49	17.93	0.98	0.75	0.40	45.19	18.25	14.66	14.00	1.03	0.51	0.40	36.38	33.84												
	2	16.30	16.47	0.99	0.62	0.42	43.26	22.94	16.53	15.47	1.07	0.77	0.46	41.13	25.69	15.85	17.05	0.91	0.67	0.70	49.60	16.13	14.34	14.05	1.02	0.59	0.56	37.42	33.04												
	3	17.23	16.87	1.02	0.54	0.40	40.52	24.59	17.13	14.86	1.15	0.59	0.22	39.57	27.34	19.88	18.53	1.07	0.73	0.69	42.84	17.32	17.82	14.71	1.22	0.40	0.55	20.55	45.86												
	Ort.	16.47	16.31	1.01	0.50	0.44	40.30	25.98	18.61	15.10	1.10	0.69	0.25	41.09	26.11	17.74	17.84	0.95	0.72	0.60	45.88	17.23	15.64	14.32	1.09	0.50	0.50	31.45	37.58												
10	1	19.22	17.70	1.09	0.54	0.66	39.98	21.81	20.13	17.45	1.15	0.72	0.30	38.42	22.32	20.31	17.71	1.15	0.44	0.19	43.09	18.26	15.81	18.42	0.86	0.47	0.38	34.45	30.47												
	2	20.15	18.31	1.10	0.47	0.74	39.66	20.68	19.78	19.38	1.02	0.89	0.68	39.22	20.20	16.18	15.14	1.07	1.52	0.74	49.47	16.95	17.11	13.31	1.12	0.54	0.70	29.79	36.53												
	3	17.26	17.45	0.99	0.80	0.92	44.77	18.80	21.10	18.84	1.11	1.05	0.51	40.35	18.86	22.52	19.11	1.18	0.51	0.49	39.88	17.48	21.49	16.68	1.29	0.68	0.60	33.29	27.45												
	Ort.	18.88	17.82	1.06	0.60	0.77	44.47	20.46	20.34	18.95	1.08	0.89	0.50	39.23	20.48	18.67	17.32	1.14	0.82	0.47	44.15	17.56	18.14	16.81	1.08	0.50	0.56	32.51	31.48												
15	1	15.12	15.38	0.99	0.67	0.50	39.86	28.33	22.56	19.51	1.15	0.71	0.20	40.09	16.67	19.29	18.23	1.06	0.72	0.38	42.79	18.59	13.42	14.02	0.96	0.72	0.43	35.50	35.90												
	2	14.84	16.15	0.92	0.49	0.39	46.66	21.47	21.73	19.09	1.14	0.65	0.42	41.63	16.51	23.62	17.97	1.31	0.54	0.46	39.27	18.15	13.04	13.23	0.99	0.54	0.57	36.45	37.06												
	3	19.43	18.62	1.08	0.86	0.00	40.13	21.55	19.37	18.09	1.02	0.93	0.00	42.23	20.38	19.36	17.81	1.09	0.72	0.64	42.10	19.37	14.04	13.07	1.00	0.68	0.27	33.65	36.93												
	Ort.	16.48	16.52	1.00	0.67	0.30	42.25	23.78	20.87	18.86	1.10	0.76	0.22	41.32	17.85	20.76	18.00	1.15	0.66	0.49	41.39	18.70	13.62	13.87	0.98	0.65	0.42	35.20	36.61												
20	1	16.68	17.24	0.96	0.52	0.44	40.84	24.18	21.39	19.58	1.09	0.82	0.29	42.57	15.10	19.22	18.48	1.04	0.73	0.34	44.20	17.02	13.65	13.27	1.03	0.27	0.51	32.88	39.32												
	2	19.18	18.69	1.03	0.78	0.63	41.78	19.56	21.80	19.93	1.09	0.64	0.54	40.74	15.72	22.63	18.50	1.22	0.61	0.48	40.33	17.44	12.59	12.59	1.00	0.55	0.36	30.43	43.48												
	3	17.27	17.35	1.00	0.49	0.77	42.06	22.15	22.23	19.22	1.16	0.94	0.47	39.24	17.12	20.65	18.85	1.10	0.56	0.80	38.89	20.26	12.89	11.98	1.08	0.69	0.53	21.01	52.91												
	Ort.	17.71	17.76	1.00	0.60	0.61	41.56	21.56	21.81	19.58	1.11	0.73	0.43	40.85	15.98	20.83	18.61	1.12	0.63	0.54	41.14	18.24	13.04	12.61	1.03	0.50	0.47	28.14	45.24												
Genel Ort.		18.15	17.69	1.06	0.57	0.35	39.99	23.72	17.03	15.32	1.13	0.67	0.52	40.81	25.59	17.85	16.57	1.06	0.67	0.56	41.99	22.38	14.89	14.61	1.02	0.54	0.52	33.45	36.06												

		C2/1										C2/2										C2/3										C2/4									
		KONTROL										DEMİNERALİZE MİNE										CLINPRO										BOND + CLINPRO									
		Ca	P	Ca/P	Na	F	O	C	Ca	P	Ca/P	Na	F	O	C	Ca	P	Ca/P	Na	F	O	C	Ca	P	Ca/P	Na	F	O	C												
0	1	7.77	8.77	0.89	0.39	0.60	38.89	43.78	6.34	4.71	1.35	0.28	0.29	39.00	49.27	11.67	7.98	1.46	0.32	0.56	35.43	44.04	10.55	10.62	0.99	0.38	0.73	33.05	44.66												
	2	8.04	8.18	0.97	0.57	0.37	39.87	44.19	11.58	7.98	1.48	0.48	0.37	36.11	49.59	10.55	11.07	0.84	0.36	0.47	40.48	9.49	4.79	1.98	0.31	0.62	29.58	55.80													
	3	8.13	8.49	0.96	0.36	0.65	39.16	43.20	15.10	9.03	1.67	0.41	0.21	36.08	38.73	11.22	11.77	0.85	0.63	0.75	40.52	35.11	12.74	4.80	2.65	0.19	0.68	29.44	52.15												
	Ort.	7.95	8.48	0.94	0.35	0.54	38.96	43.72	10.93	7.14	1.53	0.39	0.28	37.06	44.13	11.15	10.34	1.08	0.44	0.72	37.47	39.88	10.93	6.74	1.62	0.29	0.68	30.50	50.87												
5	1	21.08	13.97	1.51	0.49	0.40	30.52	13.65	15.43	8.86	1.74	0.25	0.63	37.16	37.90	19.12	11.88	1.61	0.57	0.30	42.46	25.66	13.04	10.99	1.29	0.60	0.73	35.13	40.41												
	2	17.10	14.78	1.16	0.61	0.71	41.40	25.39	14.20	13.14	1.08	0.55	0.43	39.37	32.04	16.50	13.51	1.22	0.73	0.31	44.37	24.58	14.18	13.56	1.05	0.92	0.41	41.36	29.56												
	3	27.46	13.84	1.98	0.52	0.60	34.14	23.70	14.26	12.57	1.13	0.28	0.24	30.97	41.53	15.85	15.23	1.04	0.95	1.09	44.31	22.57	18.01	15.30	1.18	0.69	0.41	31.42	34.16												
	Ort.	21.86	14.20	1.54	0.54	0.50	35.25	22.58	14.63	13.52	1.27	0.36	0.43	35.82	37.15	16.46	13.54	1.27	0.75	0.57	42.71	24.27	15.08	12.98	1.16	0.74	0.52	35.97	34.71												
10	1	20.88	18.35	1.14	0.63	0.60	38.51	21.03	15.07	15.58	0.97	0.61	0.17	41.28	26.86	16.04	16.39	0.98	0.74	0.48	44.98	21.84	16.41	16.18	1.01	0.72	0.57	41.32	24.90												
	2	25.67	18.41	1.39	0.35	0.43	30.00	25.14	15.77	16.57	0.95	0.41	0.37	42.00	24.82	11.12	16.40	0.68	0.92	0.46	42.14	20.37	14.74	16.27	0.91	1.04	0.48	42.12	25.86												
	3	29.01	13.51	2.15	0.31	0.33	33.79	23.04	14.12	15.05	0.94	0.79	0.94	40.46	29.25	17.06	15.45	1.10	0.56	0.57	44.31	22.05	17.18	16.10	1.07	0.99	0.47	38.50	26.77												
	Ort.	25.19	16.76	1.50	0.42	0.45	34.10	23.07	14.99	15.72	0.95	0.60	0.49	41.25	26.88	14.74	16.08	0.82	0.74	0.50	43.81	21.42	16.11	16.18	1.00	0.82	0.51	40.42	25.68												
15	1	16.52	16.59	1.00	0.44	0.42	43.23	22.19	16.13	16.57	0.97	0.56	0.24	41.71	16.61	18.10	18.61	1.09	0.67	0.71	42.57	21.33	16.29	17.11	0.99	0.63	0.45	43.69	21.83												
	2	21.14	19.20	1.10	0.61	0.44	36.98	21.86	16.41	17.22	0.95	0.84	0.67	43.03	22.07	17.13	18.50	0.93	1.00	0.89	44.47	18.00	14.35	15.29	0.94	0.88	0.55	40.35	40.67												
	3	22.56	16.37	1.38	0.34	0.58	33.83	25.74	15.64	16.47	0.95	0.68	0.51	42.57	24.06	16.63	18.52	0.90	0.90	0.82	44.53	18.11	16.17	16.59	0.97	0.81	0.60	46.01	19.81												
	Ort.	20.20	17.39	1.15	0.53	0.48	38.01	23.26	16.06	16.75	0.95	0.69	0.47	42.42	23.68	17.29	17.88	0.97	0.86	0.64	45.19	19.15	15.60	16.23	0.96	0.77	0.53	42.32	23.42												
20	1	18.46	18.80	0.98	0.78	0.45	44.47	17.03	15.73	15.84	1.03	0.69	0.19	35.99	16.99	16.50	15.74	1.05	0.56	0.62	45.25	21.33	15.75	17.49	0.94	0.56	0.48	42.16	22.82												
	2	18.18	19.47	0.92	0.74	0.39	43.74	17.03	15.99	15.99	1.04	0.39	0.29	36.11	16.99	16.50	15.74	1.05	0.56	0.36	45.25	21.33	15.75	17.49	0.78	0.77	0.57	42.16	22.82												
	3	17.18	17.27	0.97	0.76	0.40	43.70	20.60	15.62	14.14	1.10	0.49	0.49	41.26	27.39	19.99	19.18	1.04	0.29	0.65	46.06	19.24	15.03	17.49	0.93	0.39	0.38	43.85	18.64												
	Ort.	18.61	18.68	1.00	0.71	0.40	43.99	18.36	16.39	15.88	1.03	0.77	0.31	39.72	26.54	18.08	17.68	1.02	0.50	0.52	43.07	20.15	16.75	17.65	0.95	0.88	0.48	43.61	20.63												
eneİOrt.	18.74	15.10	1.23	0.51	0.40	37.96	22.20	14.60	15.42	1.15	0.56	0.49	39.26	16.88	15.69	15.10	1.05	0.64	0.59	42.45	24.97	14.89	15.39	1.14	0.72	0.54	38.80	31.60													

		B1/1								B1/2								B1/3								B1/4							
		KONTROL								DEMİNERALİZE MİNE								BIOCOAT								BOND + BIOCOAT							
		Cs	P	Ca/P	Na	F	O	C		Cs	P	Ca/P	Na	F	O	C		Cs	P	Ca/P	Na	F	O	C		Cs	P	Ca/P	Na	F	O	C	
0	1	10.92	11.75	0.93	0.41	0.35	42.10	34.47	8.45	7.01	1.21	0.34	0.40	40.49	43.37	18.06	16.97	1.10	0.46	0.71	38.25	23.02	17.29	15.68	1.10	0.26	0.53	44.02	42.21				
	2	8.59	9.01	0.95	0.36	0.49	38.63	42.92	5.85	5.58	1.05	0.36	0.23	41.85	45.88	18.97	18.16	1.04	0.80	0.82	40.10	30.86	17.41	17.26	1.01	0.35	0.58	24.79	39.61				
	3	7.70	8.38	0.92	0.24	0.46	36.44	46.79	4.76	5.11	0.93	0.53	0.23	44.83	44.31	16.34	15.87	1.03	0.68	0.61	39.13	27.37	18.34	16.12	1.14	0.22	0.64	12.96	51.71				
	Ort	9.07	9.71	0.93	0.34	0.43	39.06	41.39	6.25	5.90	1.08	0.41	0.28	42.39	44.52	17.57	17.00	1.06	0.65	0.71	39.16	24.42	17.68	16.35	1.08	0.28	0.58	20.59	44.51				
	1	15.63	13.88	1.13	0.35	0.17	28.16	41.81	11.57	11.38	1.02	0.63	0.36	39.39	36.85	16.63	16.74	0.99	0.71	0.72	38.39	36.80	14.65	14.95	0.98	0.49	0.46	42.39	37.06				
5	2	24.60	19.68	1.25	0.45	0.48	27.98	26.79	12.66	10.01	1.26	0.17	0.34	34.12	42.56	17.81	17.52	1.07	0.83	0.50	41.08	22.25	16.69	15.87	1.05	0.64	0.53	40.65	25.62				
	3	29.24	20.50	1.43	0.00	0.88	27.24	22.54	7.70	7.45	1.41	0.36	0.37	40.70	45.32	14.24	16.71	0.85	0.72	0.71	43.57	36.06	17.44	14.18	1.23	0.70	0.88	37.24	29.56				
	Ort	23.16	18.02	1.29	0.27	0.38	27.80	30.38	10.64	8.85	1.19	0.39	0.36	38.07	41.58	16.23	16.98	0.96	0.75	0.64	41.02	24.37	16.26	15.00	1.08	0.61	0.62	40.09	27.41				
	1	15.03	15.07	1.00	0.41	0.49	36.88	32.60	12.60	12.51	1.01	0.51	0.33	37.58	36.79	18.87	17.85	1.06	0.83	0.78	35.86	25.81	14.55	15.98	0.91	0.62	0.51	41.88	26.97				
	2	17.94	17.42	1.03	0.36	0.83	41.92	22.36	13.58	11.80	1.15	0.39	0.48	38.63	35.60	17.32	17.54	0.99	0.53	0.57	42.69	21.92	14.76	16.12	0.92	0.74	0.37	41.80	26.21				
10	3	22.15	19.57	1.13	0.56	0.50	30.06	19.17	11.12	9.25	1.20	0.37	0.31	37.45	41.21	16.14	16.65	0.87	0.68	0.23	43.00	22.71	14.66	16.05	0.91	0.53	0.51	39.51	28.75				
	Ort	18.37	17.35	1.06	0.44	0.61	38.95	24.71	12.43	11.25	1.11	0.42	0.37	37.89	37.99	17.44	17.35	1.01	0.68	0.53	40.72	24.98	14.66	16.05	0.91	0.63	0.46	41.06	27.31				
	1	17.28	16.67	1.04	0.71	0.43	39.37	25.97	13.81	13.35	1.03	0.51	0.17	37.63	34.70	17.04	16.81	1.01	0.73	0.47	29.00	35.95	14.80	15.95	0.93	0.73	0.54	38.04	29.85				
	2	18.98	17.67	1.07	0.24	0.32	36.54	26.26	14.49	12.49	1.16	0.51	0.26	39.25	32.93	18.90	17.98	1.05	0.54	0.64	39.94	22.00	19.65	16.29	1.21	0.87	0.37	46.84	25.98				
	3	19.75	18.31	1.05	0.81	0.85	39.92	21.06	10.23	9.15	1.12	0.62	0.25	39.75	39.61	17.83	17.52	1.02	0.94	0.40	40.75	22.56	13.38	14.99	0.89	0.80	0.39	41.05	29.28				
15	Ort	18.50	17.55	1.05	0.58	0.67	38.61	24.43	12.84	11.60	1.10	0.55	0.23	38.08	35.79	17.92	17.44	1.03	0.74	0.50	38.56	20.84	15.98	15.74	1.02	0.81	0.43	41.28	29.37				
	1	19.76	17.56	1.13	0.51	0.63	35.99	26.17	15.23	13.40	1.14	0.36	0.54	37.71	33.31	18.53	17.67	1.05	0.49	0.53	38.72	24.07	15.73	16.07	0.98	0.75	0.54	41.26	25.65				
	2	19.02	17.91	1.06	0.45	0.54	42.19	19.90	13.76	13.06	1.05	0.72	0.25	37.80	34.13	17.34	17.19	1.01	0.68	0.40	40.00	24.08	14.42	15.99	0.90	0.76	0.23	42.24	26.16				
	3	20.25	19.12	1.06	0.90	0.44	42.14	17.15	12.69	13.15	0.87	0.61	0.30	40.50	37.60	15.04	15.35	0.98	0.67	0.34	39.15	29.45	13.85	15.63	0.89	0.56	0.62	42.20	27.34				
	Ort	19.68	18.20	1.08	0.62	0.67	40.11	21.07	12.89	12.50	1.07	0.56	0.40	38.67	33.10	16.07	16.74	1.01	0.62	0.52	39.29	22.87	14.67	15.90	0.92	0.66	0.46	41.90	26.38				
Genel Ort.		17.76	16.17	1.08	0.45	0.52	36.82	28.40	11.23	10.18	1.11	0.47	0.49	39.18	38.62	17.31	17.10	1.01	0.69	0.58	39.35	25.80	15.83	15.81	1.00	0.61	0.51	37.12	30.80				

		B2/1																B2/2																B2/3																B2/4															
		KONTROL								DEMİNERALİZE MİNE								BIOCOAT								BOND + BIOCOAT								BOND + BIOCOAT																															
		Ca	P	Ca/P	Na	F	O	C		Ca/P	Na	F	O	C		Ca	P	Ca/P	Na	F	O	C		Ca	P	Ca/P	Na	F	O	C																																			
0	1	10.81	11.11	0.97	0.45	0.40	41.71	35.53	5.58	4.60	1.21	0.39	0.25	42.86	46.96	14.95	16.18	0.92	0.68	0.80	44.01	33.38	18.87	12.24	0.81	0.83	0.71	40.40	35.95																																				
	2	6.55	5.93	1.10	0.27	0.63	37.99	48.64	5.86	4.25	1.38	0.37	0.38	41.24	47.95	14.61	15.45	0.95	0.29	0.68	44.20	24.78	10.79	13.05	0.83	0.68	0.56	45.61	29.95																																				
	3	6.15	6.58	0.93	0.73	0.45	43.53	42.56	4.26	3.50	1.22	0.29	0.21	39.94	51.56	15.48	16.21	0.95	0.65	0.50	44.73	32.54	14.78	14.71	1.00	0.90	0.72	37.06	31.81																																				
	Ort	7.84	7.87	1.00	0.48	0.49	41.08	42.24	5.23	4.12	1.27	0.35	0.28	41.35	48.82	15.01	15.85	0.94	0.51	0.66	44.21	23.57	11.81	13.33	0.89	0.80	0.66	41.62	32.29																																				
	1	14.48	16.05	0.90	0.62	0.26	45.93	22.67	10.42	7.70	1.35	0.27	0.15	37.54	44.32	17.57	17.33	1.01	0.29	0.47	40.22	34.13	16.73	16.41	1.02	0.87	0.40	39.33	26.66																																				
5	2	15.18	16.31	0.95	0.70	0.27	43.43	24.05	14.17	9.34	1.52	0.36	0.24	34.70	41.16	17.74	17.34	1.02	0.59	0.43	31.85	14.68	14.27	10.31	0.61	0.82	0.31	30.63	20.63																																				
	3	15.81	16.40	0.96	0.38	0.74	41.19	25.48	12.63	8.23	1.53	0.46	0.30	38.28	39.67	17.10	16.53	1.03	0.32	0.57	40.85	24.63	13.52	14.45	0.94	0.63	0.41	41.29	29.70																																				
	Ort	15.16	16.27	0.93	0.57	0.42	43.52	24.07	12.41	8.42	1.47	0.36	0.23	36.84	41.72	17.47	17.07	1.02	0.40	0.66	40.83	23.57	14.98	15.04	1.00	0.57	0.54	37.87	31.00																																				
	1	15.99	17.43	0.92	0.72	0.55	41.83	24.04	13.63	8.20	1.66	0.41	0.32	37.44	40.32	18.45	18.33	1.01	0.65	0.44	40.00	22.13	18.94	18.20	1.04	0.87	0.51	39.14	22.35																																				
	2	14.64	16.31	0.90	0.53	0.37	45.71	22.43	14.78	9.28	1.59	0.78	0.21	36.67	38.12	16.48	16.95	0.97	0.43	0.49	42.95	22.68	15.23	15.88	0.94	0.68	0.56	43.43	23.48																																				
10	3	16.72	17.79	0.94	0.48	0.34	41.14	23.58	13.16	8.59	1.53	0.23	0.40	36.58	41.10	17.65	17.20	1.03	0.70	0.45	42.47	21.52	18.32	17.71	1.03	0.23	0.18	39.04	24.80																																				
	Ort	15.78	17.18	0.92	0.58	0.42	42.89	23.35	13.86	8.69	1.59	0.47	0.36	36.80	39.85	17.53	17.48	1.00	0.59	0.46	41.81	22.11	17.46	17.26	1.01	0.73	0.48	40.52	23.54																																				
	1	14.20	15.97	0.89	0.78	0.66	47.19	21.20	13.64	10.53	1.30	0.82	0.27	35.73	38.37	19.48	19.72	1.24	0.70	0.35	42.45	21.35	16.90	17.01	0.99	0.75	0.54	41.34	23.46																																				
	2	17.37	18.18	0.96	0.59	0.63	42.94	20.29	15.38	11.59	1.33	0.57	0.41	35.49	35.90	17.15	17.32	0.99	0.62	1.16	40.47	22.49	17.59	15.09	1.10	0.57	0.68	41.46	22.39																																				
	3	15.84	17.85	0.96	0.59	0.63	42.94	20.29	15.38	11.59	1.33	0.57	0.41	35.49	35.90	17.15	17.32	0.99	0.62	1.16	40.47	22.49	17.59	15.09	1.10	0.57	0.68	41.46	22.39																																				
15	Ort	16.14	17.23	0.91	0.58	0.58	42.21	20.17	14.38	11.11	1.29	0.57	0.53	37.09	36.05	17.81	16.62	1.07	0.57	0.57	38.75	22.87	17.89	17.04	1.03	0.64	0.67	40.76	22.28																																				
	1	16.46	17.59	0.93	0.63	0.43	43.62	22.12	16.00	10.48	1.53	0.35	0.49	39.51	33.23	18.07	16.17	1.12	0.88	0.80	45.10	18.99	22.12	17.57	1.13	0.44	0.60	32.10	25.18																																				
	2	17.51	17.99	0.97	1.17	0.30	43.30	19.78	15.70	14.03	1.51	0.51	0.40	34.15	38.90	20.67	19.06	1.08	0.55	0.34	35.02	24.35	17.84	17.56	1.02	0.71	0.31	40.10	22.48																																				
	3	17.60	17.87	0.98	0.65	0.34	43.23	18.30	17.32	10.86	1.59	0.21	0.37	34.10	40.14	18.93	18.31	1.03	0.51	0.55	42.11	19.59	18.81	17.28	1.04	0.68	0.50	43.43	20.09																																				
	Ort	17.18	17.86	0.96	0.69	0.40	43.43	19.78	16.04	11.64	1.53	0.37	0.38	34.51	37.47	19.27	18.35	1.04	0.56	0.40	34.78	24.35	17.84	17.56	1.02	0.71	0.31	40.10	22.48																																				
20	1	16.46	17.59	0.93	0.63	0.43	43.62	22.12	16.00	10.48	1.53	0.35	0.49	39.51	33.23	18.07	16.17	1.12	0.88	0.80	45.10	18.99	22.12	17.57	1.13	0.44	0.60	32.10	25.18																																				
	2	17.51	17.99	0.97	1.17	0.30	43.30	19.78	15.70	14.03	1.51	0.51	0.40	34.15	38.90	20.67	19.06	1.08	0.55	0.34	35.02	24.35	17.84	17.56	1.02	0.71	0.31	40.10	22.48																																				
Genel Ort	1	16.46	17.59	0.93	0.63	0.43	43.62	22.12	16.00	10.48	1.53	0.35	0.49	39.51	33.23	18.07	16.17	1.12	0.88	0.80	45.10	18.99	22.12	17.57	1.13	0.44	0.60	32.10	25.18																																				
	2	17.51	17.99	0.97	1.17	0.30	43.30	19.78	15.70	14.03	1.51	0.51	0.40	34.15	38.90	20.67	19.06	1.08	0.55	0.34	35.02	24.35	17.84	17.56	1.02	0.71	0.31	40.10	22.48																																				
Genel Ort	1	16.46	17.59	0.93	0.63	0.43	43.62	22.12	16.00	10.48	1.53	0.35	0.49	39.51	33.23	18.07	16.17	1.12	0.88	0.80	45.10	18.99	22.12	17.57	1.13	0.44	0.60	32.10	25.18																																				
	2	17.51	17.99	0.97	1.17	0.30	43.30	19.78	15.70	14.03	1.51	0.51	0.40	34.15	38.90	20.67	19.06	1.08	0.55	0.34	35.02	24.35	17.84	17.56	1.02	0.71	0.31	40.10	22.48																																				
Genel Ort	1	16.46	17.59	0.93	0.63	0.43	43.62	22.12	16.00	10.48	1.53	0.35	0.49	39.51	33.23	18.07	16.17	1.12	0.88	0.80	45.10	18.99	22.12	17.57	1.13	0.44	0.60	32.10	25.18																																				
	2	17.51	17.99	0.97	1.17	0.30	43.30	19.78	15.70	14.03	1.51	0.51	0.40	34.15	38.90	20.67	19.06	1.08	0.55	0.34	35.02	24.35	17.84	17.56	1.02	0.71	0.31	40.10	22.48																																				
Genel Ort	1	16.46	17.59	0.93	0.63	0.43	43.62	22.12	16.00	10.48	1.53	0.35	0.49	39.51	33.23	18.07	16.17	1.12	0.88	0.80	45.10	18.99	22.12	17.57	1.13	0.44	0.60	32.10	25.18																																				
	2	17.51	17.99	0.97	1.17	0.30	43.30	19.78	15.70	14.03	1.51	0.51	0.40	34.15	38.90	20.67	19.06	1.08	0.55	0.34	35.02	24.35	17.84	17.56	1.02	0.71	0.31	40.10	22.48																																				
Genel Ort	1	16.46	17.59	0.93	0.63	0.43	43.62	22.12	16.00	10.48	1.53	0.35	0.49	39.51	33.23	18.07	16.17	1.12	0.88	0.80	45.10	18.99	22.12	17.57	1.13	0.44	0.60	32.10	25.18																																				
	2	17.51	17.99	0.97	1.17	0.30	43.30	19.78	15.70	14.03	1.51	0.51	0.40	34.15	38.90	20.67	19.06	1.08	0.55	0.34	35.02	24.35	17.84	17.56	1.02	0.71	0.31	40.10	22.48																																				
Genel Ort	1	16.46	17.59	0.93	0.63	0.43	43.62	22.12	16.00	10.48	1.53	0.35	0.49	39.51	33.23	18.07	16.17	1.12	0.88	0.80	45.10	18.99	22.12	17.57	1.13	0.44	0.60	32.10	25.18																																				
	2	17.51	17.99	0.97	1.17	0.30	43.30	19.78	15.70	14.03	1.51	0.51	0.40	34.15	38.90	20.67	19.06	1.08	0.55	0.34	35.02	24.35	17.84	17.56	1.02	0.71	0.31	40.10	22.48																																				
Genel Ort	1	16.46	17.59	0.93	0.63	0.43	43.62	22.12	16.00	10.48	1.53	0.35	0.49	39.51	33.23	18.07	16.17	1.12	0.88	0.80	45.10	18.99	22.12	17.57	1.13	0.44	0.60	32.10	25.18																																				
	2	17.51	17.99	0.97	1.17	0.30	43.30	19.78	15.70	14.03	1.51	0.51	0.40	34.15	38.90	20.67	19.06	1.08	0.55	0.34	35.02	24.35	17.84	17.56	1.02	0.71	0.31	40.10	22.48																																				
Genel Ort	1	16.46	17.59	0.93	0.63	0.43	43.62	22.12	16.00	10.48	1.53	0.35	0.49	39.51	33.23	18.07	16.17	1.12	0.88	0.80	45.10	18.99	22.12	17.57	1.13	0.44	0.60	32.10	25.18																																				
	2	17.51	17.99	0.97	1.17	0.30	43.30	19.78	15.70	14.03	1.51	0.51	0.40	34.15	38.90	20.67	19.06	1.08	0.55	0.34	35.02	24.35	17.84	17.56	1.02	0.71	0.31	40.10	22.48																																				
Genel Ort	1	16.46	17.59	0.93	0.63	0.43	43.62	22.12	16.00	10.48	1.53	0.35	0.49	39.51	33.23	18.07	16.17	1.12	0.88	0.80	45.10	18.99	22.12	17.57	1.13	0.44	0.60	32.10	25.18																																				
	2	17.51	17.99	0.97	1.17	0.30	43.30	19.78	15.70	14.03	1.51	0.51	0.40	34.15	38.90	20.67	19.06	1.08	0.55	0.34	35.02	24.35	17.84	17.56	1.02	0.71	0.31	40.10	22.48																																				
Genel Ort	1	16.46	17.59	0.93	0.63	0.43	43.62	22.12	16.00	10.48	1.53	0.35	0.49	39.51	33.23	18.07	16.17	1.12	0																																														

FORMLAR

GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Araştırma yürütücüsü: Doç. Dr. Arzu Pınar Erdem

Araştırma Adı: Demineralize mineye uygulanmış mikrokapsül içeren fissür örtücünün mikrosızıntı ve remineralizasyon üzerine etkisinin incelenmesi

Sizin İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Ana Bilim Dalı tarafından yürütülen bu çalışmaya katılmanızı arzu ediyoruz. Aşağıda bu çalışma ile ilgili bazı bilgiler bulacaksınız. Bu bilgiler sizin çalışmaya katılmanızın kolaylaştırılması ve öneminin anlaşılabilmesi için hazırlanmıştır.

Araştırmanın Amacı ve Önemi:

Çalışmamızın amacı, yeni geliştirilen fissür örtücü materyalinin diş uygulandığında, dişle arasında oluşabilecek mikrosızıntıyı değerlendirmek ve sızıntı olduğu durumlarda dişin yeniden mineralize olmasına ne kadar katkıda bulunduğunu ölçmektir. Ortaya çıkan sonuçlar klinik başarılar açısından ön bilgi edinebilmek için kullanılacaktır.

Neler Uygulanacak

Çekim kararı verilmiş üçüncü büyük azı dişinin çekimi İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş-Çene Cerrahisi Ana Bilim Dalı'nda gerçekleştirilecektir.

Nasıl Uygulanacak

Sizden çekilmiş olan diş bir solüsyon içinde laboratuvara götürülecek ve çalışmalar burada devam edecektir. Uygulanacak deneyler sizden çekilen diş üzerinde gerçekleştirilecektir. Hiçbir şekilde özellikle çalışmada kullanılmak amacıyla diş çekimi yapılması durumu söz konusu değildir. Bu çalışmaya katılıp katılmamanız tamamen sizin kendi iradeniz ile vereceğiniz karara bağlıdır.

Potansiyel Risk ve Sorunlar

Araştırmada uzman diş hekimi tarafından çekim kararı verilmiş üçüncü büyük azı dişleri çekim sonrasında izniniz alınarak kullanılacaktır. Bu nedenle çalışmada herhangi bir risk söz konusu değildir.

Katılımın Süresi

Uzman diş hekimi tarafından çekim kararı verilmiş üçüncü büyük azı dişleri çekim sonrasında izninizi takiben alınacaktır. Herhangi bir katılım süresi söz konusu değildir.

Hastaların olası yararları

Rutin işlemlerinizi planlandığı gibi, çalışmamızdan bağımsız olarak devam edecektir.

Reddetme hakkı

Bu araştırmaya katılmayı reddetme hakkına sahipsiniz. Katılmak mecburiyetinde değilsiniz. Araştırmayı kabul etmemeniz durumunda veya herhangi bir nedenle çalışma programından çıkarılmanız veya çıkmanız halinde, tedavinizde herhangi bir aksama olmayacaktır.

Çalışmadan Çıkmak

İstedığınız takdirde başlangıçta çalışmaya katılmayı reddedebilirsiniz. İstedığınız takdirde önceden araştırmacıya haber vererek çalışma kapsamı dışında kalabileceğiniz gibi araştırmacı tarafından gerek görüldüğünde araştırma dışı da bırakılabilirsiniz. Çalışma kapsamı dışında kalmanız diş hekimliği fakültesinin tedavi hizmetlerinden yararlanmanızı etkilemeyecektir.

Çalışmadan çekilmek

Gönüllü istediği anda araştırmacıya haber vererek çalışmadan çekilebilecek ya da araştırmacı tarafından gerek görüldüğünde araştırma dışı bırakılabilecektir.

Araştırmayı kabul etmemeniz durumunda

Araştırmayı kabul etmemeniz durumunda veya herhangi bir nedenle çalışma programından çıkarılmanız veya çıkmanız halinde, hastalığınızın tedavisinde bir aksama olmayacaktır.

Mali Sorumluluk

Katılımcı, araştırma için yapılacak harcamalarla ilgili herhangi bir parasal sorumluluk altına girmeyecektir. Ayrıca katılımcıya da bir ödeme yapılmayacaktır.

Gönüllüden alınacak numunelerin (serum vs.) yalnızca adı geçen çalışmada kullanılacağını belirtmesi

Sizden alınacak diş veya dişler yalnızca adı geçen bu çalışmada kullanılacaktır.

Gizlilik

Bu konudaki tüm kayıtlar gizli tutulacaktır. Herhangi bir yayında isminiz geçmeyecektir.

KATILIMCININ BEYANI

Sayın Dok. Öğr. Dt. Buşra Parlak tarafından İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Ana Bilim Dalı'nda tıbbi bir araştırma yapılacağı belirtilerek bu araştırma ile ilgili yukarıdaki bilgiler bana aktarıldı. Bu bilgilerden sonra böyle bir araştırmaya "katılımcı" (denek) olarak davet edildim.

Eğer bu araştırmaya katılırsam hekim ile aramda kalması gereken bana ait bilgilerin gizliliğine bu araştırma sırasında da büyük özen ve saygı ile yaklaşılabileceğine inanıyorum. Araştırma sonuçlarının eğitim ve bilimsel amaçlarla kullanımı sırasında kişisel bilgilerimin ihtimamla korunacağı konusunda bana yeterli güven verildi.

Projenin yürütülmesi sırasında herhangi bir sebep göstermeden araştırmadan çekilebilirim. Ancak araştırmacıları zor durumda bırakmamak için araştırmadan çekileceğimi önceden bildirmemim uygun olacağını bilincindeyim. Ayrıca tıbbi durumuma herhangi bir zarar verilmemesi koşuluyla araştırmacı tarafından araştırma dışı da tutulabilirim.

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

İster doğrudan, ister dolaylı olsun araştırma uygulamasından kaynaklanan nedenlerle meydana gelebilecek herhangi bir sağlık sorununun ortaya çıkması halinde, her türlü tıbbi müdahalenin sağlanacağı konusunda gerekli güvence verildi. (Bu tıbbi müdahalelerle ilgili olarak da parasal bir yük altına girmeyeceğim).

Araştırma sırasında bir sağlık sorunu ile karşılaştığımda; herhangi bir saatte, Dok. Öğr. Dt. Buşra Parlak'ı 05354608749 no'lu telefonda ve Pedodonti Ana Bilim Dalı Fatih/İstanbul'dan arayabileceğimi biliyorum.

Bu araştırmaya katılmak zorunda değilim ve katılmayabilirim. Araştırmaya katılmam konusunda zorlayıcı bir davranışla karşılaşmış değilim. Eğer katılmayı reddedersem, bu durumun tıbbi bakımına ve hekim ile olan ilişkiye herhangi bir zarar getirmeyeceğini de biliyorum.

Bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Kendi başıma belli bir düşünme süresi sonunda adı geçen bu araştırma projesinde "katılımcı" (denek) olarak yer alma kararını aldım. Bu konuda yapılan daveti büyük bir memnuniyet ve gönüllülük içerisinde kabul ediyorum.

İmzalı bu form kağıdının bir kopyası bana verilecektir.

GÖNÜLLÜ ONAY FORMU

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

Gönüllünün Adı-soyadı/ İmzası/Tarih/ Adresi (varsa telefon no., faks no,...)

**Araştırma ekibinde yer alan ve yetkin bir araştırmacının
Adı-soyadı/ İmzası/ Tarih**

**Gerekliyse olur işlemine tanık olan kişinin Adı-soyadı/ İmzası/Tarih/ Adresi
(varsa telefon no., faks no,...)**

**Gerekliyse yasal temsilcisinin Adı-soyadı/ İmzası/Tarih/ Adresi (varsa telefon
no., faks no,...)**

Gerekliyse yasal temsilcisinin
Adı-soyadı
İmzası
Tarih
Adresi (varsa telefon no., faks no,...)

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

DEMİNERALİZE MİNEYE UYGULANMIŞ MİKROKAPSÜL İÇEREN FİSSÜR ÖRTÜCÜNÜN MİKROSIZINTI VE REMİNERALİZASYON ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ORJİNALLİK RAPORU

% 12	% 12	% 4	% 3
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	% 5
2	acikerisim.dicle.edu.tr İnternet Kaynağı	% 1
3	toad.halileksi.net İnternet Kaynağı	% 1
4	www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<% 1
5	journals.sagepub.com İnternet Kaynağı	<% 1
6	Submitted to Okan Üniversitesi Öğrenci Ödevi	<% 1
7	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	<% 1
8	nek.istanbul.edu.tr:4444 İnternet Kaynağı	<% 1