



T.C.

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ortodonti Anabilim Dalı

**İTERPROKSİMAL STRİPPİNG SONRASİ
UYGULANAN BİYOMİMETİK PEPTİT ESASLI
REMİNERALİZASYON AJANLARININ MİNE
YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE MİKROSERİTLİĞİNE
ETKİSİ-İN VİTRO ÇALIŞMA**

Aylin BAL

Doktora Tezi

Danışman

Doç.Dr. Seden Akan Bayhan

İstanbul, 2022

**İTERPROKSİMAL STRİPPİNG SONRASİ UYGULANAN
BİYOMİMETİK PEPTİT ESASLI REMİNERALİZASYON
AJANLARININ MİNE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE
MİKROSERTLİĞİNE ETKİSİ-İN VİTRO ÇALIŞMA**

Aylin BAL

Ortodonti Anabilim Dalı

Doktora Tezi

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ

2022

“Aylin BAL” tarafından hazırlanmış ve 12.05.2022 tarihinde sunulmuş “İTERPROKSİMAL STRİPPİNG SONRASİ UYGULANAN BİYOMİMETİK PEPTİT ESASLI REMİNERALİZASYON AJANLARININ MİNE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE MİKROSERİTLİĞİNE ETKİSİ-İN VİTRO ÇALIŞMA” başlıklı tez Ortodonti Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak **oy birliğı** ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Seden Akan BAYHAN

Eş Danışman		Danışman
Tez Savunma Sınavı Jüri Üyeleri:		
Doç. Dr. Seden Akan BAYHAN	Yeditepe Üniversitesi	
Prof. Dr. Korkmaz SAYINSU	Altınbaş Üniversitesi	
Prof. Dr. Sabri İlhan RAMOĞLU	Altınbaş Üniversitesi	
Prof. Dr. Buğra ÖZEN	İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi	
Dr. Öğr. Üyesi Meltem Mert EREN	Altınbaş Üniversitesi	

Bu tezin Doktora tezi olarak bütün şartları sağladığını beyan ederim.

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü kabul tarihi:

___/___/___

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

Aylin BAL

İmzası

XXXXXX

ÖNSÖZ

Doktora eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden çokça faydalandığım, tezimin en iyi şekilde hazırlanmasında da görüş ve yardımları ile beni yönlendiren danışman hocam sayın Doç. Dr. Seden AKAN BAYHAN'a, ortodonti eğitimim süresince değerli katkı ve yardımlarını esirgemeyen Ortodonti Anabilim Dalı'ndaki kıymetli hocalarım başta Ortodonti Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Korkmaz SAYINSU olmak üzere, Prof. Dr. Sabri İlhan RAMOĞLU ve Dr. Öğr. Üyesi Pelin ACAR ULUTAŞ'a, her türlü emek ve fedakarlıkla doktora eğitimini almamı sağlayan, bu zorlu sürecin üstesinden gelmek konusunda en büyük destekçim, her anımda yanımda olan hayat arkadaşım, canım eşim Dt. Ercan BAL'a ve son olarak verdikleri moral motivasyon ve destekleriyle hep yanımda olan çok değerli aileme sonsuz teşekkür ediyorum.

Aylin BAL

ÖZET

İTERPROKSİMAL STRİPPİNG SONRASİ UYGULANAN BİYOMİMETİK PEPTİT ESASLI REMİNERALİZASYON AJANLARININ MİNE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE MİKROSERTLİĞİNE ETKİSİ-İN VİTRO ÇALIŞMA

BAL Aylin

Doktora, Ortodonti Anabilim Dalı, Altınbaş Üniversitesi

Danışman: Doç. Dr. Seden AKAN BAYHAN

Tarih: 04/2022

Sayfa: 84

Bu çalışmanın amacı, ara yüz mine aşındırması işleminden sonra uygulanan biyomimetik peptit (P11-4) esaslı remineralizasyon ajanı olan Curodont Repair'ın etkisini, sodyum florür (Enamelast) ve Icon rezin infiltrant ile karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Çalışmada toplam 48 diş kullanılarak 1 kontrol ve 3 deney grubu olmak üzere 4 grup oluşturulmuştur. Kesici, küçük azı veya büyük azı ayırt edilmeden toplanan 48 dişin her birinin mezial ve distal yüzeylerine crosscut tungsten karbid frez (KOM H33L 314 009) ile aşındırma yapıldıktan sonra yüzey düzgünleştirme için elmas frez (KOM 859UF 314 014) ve polisaj için Sof-Lex disk (3M ESPE) uygulanmıştır. Aşındırma işleminden sonra kontrol grubu dışındaki gruplara sırasıyla Icon rezin infiltrant (DMG,Almanya), Enamelast vernik(Ultradent,Amerika) ve Curodont Repair(Credentis,İsviçre) remineralizasyon ajanları uygulanmış, daha sonra tüm dişler bukkolingual yönde ikiye ayrılarak 96 adet örnek elde edilmiştir. Mikrosertlik testi için 80 numune (her gruptan 20 numune), taramalı elektron mikroskopu (SEM) ve atomik kuvvet mikroskopu (AFM) ile yüzey pürüzlülük analizi için 16 numune (her inceleme için her gruptan 2 numune) kullanılmıştır. Ortalamalara bakıldığında en yüksek mikrosertlik değerleri flor grubunda gözlenmiştir. Curodont grubunun mikrosertlik değerleri Icon uygulanan gruba göre daha yüksek olmasına rağmen aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir($p=0.068$). En düşük mikrosertlik değerleri Icon grubundan elde edilmiştir. AFM incelemelerine göre en yüksek yüzey pürüzlülük değerleri Curodont grubu, en düşük yüzey pürüzlülük değerleri ise flor

uygulanan grupta elde edilmiştir. SEM görüntüleri AFM bulgularını doğrulamaktadır. Curodont Repair, hem yüzey pürüzlülüğü hem de mikrosertlik üzerindeki etkisini göz önünde bulundurarak, ara yüz mine aşındırması işleminden sonra daha pürüzsüz ve daha sağlam bir mine yapısı elde etmede başarılı olamamıştır.

Anahtar Kelimeler: Stripping, Biyomimetikler, Remineralizasyon



ABSTRACT

THE EFFECT OF BIOMIMETIC PEPTIDE-BASED REMINERALIZATION AGENTS TO ENAMEL SURFACE ROUGHNESS AND MICROHARDNESS APPLIED AFTER INTERPROXIMAL STRIPPING- IN VITRO STUDY

BAL Aylin

Phd, Department of Orthodontics, Altınbaş University

Supervisor: Doç. Dr. Seden AKAN BAYHAN

Date: 04/2022

Pages: 84

The aim of this study to evaluate the effect of Curodont Repair, a biomimetic peptide (P11-4) based remineralization agent applied after interproximal stripping, in comparison to Sodium fluoride (Enamelast) and Icon resin infiltrant. In the study, 4 groups, 1 control and 3 experimental groups, were formed by using a total of 48 teeth. All teeth were stripped with a crosscut tungsten carbide bur (KOM H33L 314 009) on their mesial and distal surfaces, after that diamond bur (KOM 859UF 314 014) used for surface smoothing, and then sofex disc (3M ESPE) was applied for polishing. After the stripping process, remineralization agents applied the groups except control group and then all teeth were divided into two in buccolingual direction and 96 samples were obtained. 80 samples were used (20 samples from each group) for microhardness examination, 16 samples (2 samples from each group for each examination) used for surface roughness analysis by scanning electron microscope(SEM) and atomic force microscope(AFM). When the results were evaluated according to the averages, the highest microhardness values were observed in the fluor group. Although the microhardness values of the Curodont group were higher than the Icon applied group, the difference between them was not statistically significant ($p=0.068$). The lowest microhardness values were obtained from the Icon group. According to AFM examinations, the Curodont group showed the highest surface roughness values, and the lowest surface roughness values were obtained in the fluor

applied group. SEM images confirmed the AFM findings. Considering its effect on both surface roughness and microhardness, Curodont was not successful in obtaining a smoother and more robust enamel structure after stripping.

Keywords: Stripping, Biomimetics, Remineralization



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	viii
TABLO LİSTESİ.....	xiv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
KISALTMALAR.....	xvii
1.GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 STRİPPİNG TANIMI.....	3
2.2 STRİPPİNG TARİHÇESİ.....	3
2.3 STRİPPİNG ENDİKASYONLARI.....	4
2.4 STRİPPİNG KONTRAENDİKASYONLARI.....	4
2.5 STRİPPİNG İŞLEMİNİN PRENSİPLERİ.....	4
2.6 STRİPPİNG TEKNİKLERİ.....	5
2.7 DİŞLERİN ARA YÜZEYİNDEN GÜVENLİ OLARAK AŞINDIRILABİLECEK MİNE MİKTARI.....	8
2.8 STRİPPİNG İŞLEMİNİN DİŞ VE DESTEK DOKULARA ETKİSİ.....	8
2.9 REMİNERALİZASYON.....	9
2.10 REMİNERALİZASYON AJANLARI.....	10
2.10.1 Florür.....	11
2.10.2 Kalsiyum Fosfat Sistemler.....	12

2.10.2.1 Stabilize kalsiyum fosfat.....	12
2.10.2.2 Kristalin kalsiyum fosfatlar.....	13
2.10.2.3 Stabilize olmayan kalsiyum fosfat.....	14
2.10.3 Polifosfat Sistemler.....	15
2.10.3.1 Sodyum trimetafosfat.....	15
2.10.3.2 Kalsiyum gliserofosfat.....	15
2.10.3.3 Sodyum hegzametafosfat.....	16
2.10.4 Biyomimetik Remineralizasyon Ajanları.....	16
2.10.4.1 Polidendrimerler.....	16
2.10.4.2 Dentin fosfoprotein 8DDS peptitleri.....	17
2.10.4.3 Nanohidroksiapatit (nHAP).....	18
2.10.4.4 P11-4 Kendinden birleşen peptitler.....	18
2.10.4.5 Lösinden zengin amelogenin peptitler.....	19
2.10.4.6 Biyoaktif cam.....	20
2.10.5 Şeker Alkolleri.....	20
2.10.5.1 Xylitol.....	20
2.11 ICON REZİN İNFİLTRANT.....	20
2.12 YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ.....	22
2.12.1 Polarize ışık mikroskopisi.....	22
2.12.2 Quantitative Light/ Laser-Induced Fluorescence (QLF/LIF).....	22
2.12.3 Mikroradyografi.....	23
2.12.4 Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM).....	23

2.12.5 Optik Koherens Tomografi.....	23
2.12.6 Atomik Kuvvet Mikroskop (AFM).....	24
2.12.7 Yüzey Profilometresi.....	24
2.13 MİKROSERTLİK DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ.....	24
2.13.1 Rockwell.....	24
2.13.2 Brinell.....	25
2.13.3 Vickers, Knoop.....	25
2.13.4 Aletli iz (Martens sertliği).....	25
3. MATERYAL VE METOD.....	27
3.1 ÖRNEKLERİN TOPLANMASI VE HAZIRLANMASI.....	27
3.2 STRİPPİNG YAPILMASI VE REMİNERALİZASYON AJANI UYGULANMASI.....	27
3.3 ICON REZİN İNFİLTRANT UYGULAMA PROSEDÜRÜ.....	29
3.4 NaF UYGULAMA PROSEDÜRÜ.....	31
3.5 P11-4 UYGULAMA PROSEDÜRÜ.....	31
3.6 ÖRNEKLERİN MİKROSERTLİK ÖLÇÜMLERİ... ..	33
3.7 ÖRNEKLERİN AFM CİHAZI İLE İNCELENMESİ.....	34
3.8 ÖRNEKLERİN SEM CİHAZIYLA İNCELENMESİ	35
4. İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME.....	37
5. BULGULAR.....	38
5.1 MİKROSERTLİK BULGULARI.....	38
5.2 AFM BULGULARI.....	39
5.3 SEM BULGULARI.....	41

6. TARTIŞMA.....	44
7. SONUÇLAR.....	55
REFERANSLAR.....	56



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Ara yüz mine aşındırması tekniklerinin karşılaştırılması.....	7
Tablo 2.2: Remineralizasyon ajanları.....	21
Tablo 5.1: Çeşitli grupların mikrosertlik değerleri.....	39
Tablo 5.2: Grupların yüzey pürüzlülük değerleri.....	41



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: Silikon kalıba gömülmüş diş örneği.....	28
Şekil 3.2: Soflex disk (3M ESPE), elmas frez (KOM 859UF 314 014), crosscut tungsten karbid frez (KOM H33L 314 009)	28
Şekil 3.3: Crosscut tungsten karbid frez ile ara yüz mine aşındırması yapılması.....	28
Şekil 3.4: Elmas frez ile yüzey düzeltimi.....	29
Şekil 3.5: Sof-Lex disk ile polisaj yapılması.....	29
Şekil 3.6: Icon rezin infiltrant.....	29
Şekil 3.7: Icon Etch uygulaması.....	30
Şekil 3.8: Etch yıkanması ve kurutulması.....	30
Şekil 3.9: Icon Dry uygulaması.....	30
Şekil 3.10: Icon Resin İnfiltrant uygulaması.....	30
Şekil 3.11: Icon ışık ile polimerizasyonu.....	30
Şekil 3.12: Enamelast.....	31
Şekil 3.13: Enamelast'ın diş yüzeyine uygulanması.....	31
Şekil 3.14: Curodont Repair.....	31
Şekil 3.15: %2 sodyumhipoklorid ile diş yüzeyinin silinmesi.....	32
Şekil 3.16: %35 ortofosforik asit uygulaması.....	32
Şekil 3.17: Asitin su ile yıkanması ve dişin kurutulması.....	32
Şekil 3.18: Curodont Repair uygulaması.....	32
Şekil 3.19: İkiye ayrıldıktan sonra akrilik kalıba gömülen diş örnekleri.....	33
Şekil 3.20: Örneklerin mikrosertliklerinin değerlendirilmesi.....	34
Şekil 3.21: Örneklerin temassız modda AFM cihazıyla incelenmesi	34
Şekil 3.22:AFM cihazı ile diş örneğinin incelenmesi.....	35
Şekil 3.23: Yüzey pürüzlülüğü incelemesinde kullanılan SEM cihazı.....	35
Şekil 3.24: Örneğin SEM cihazına yerleştirilmesi.....	36
Şekil 5.1: Kontrol grubu AFM görüntüleri.....	39

Şekil 5.2: Icon grubu AFM görüntüleri.....	40
Şekil 5.3:Flor grubu AFM görüntüleri.....	40
Şekil 5.4: Curodont grubu AFM görüntüleri.....	41
Şekil 5.5:Curodont grubu SEM görüntüleri.....	42
Şekil 5.6: Flor grubu SEM görüntüleri.....	42
Şekil 5.7:Icon grubu SEM görüntüleri.....	43
Şekil 5.8: Kontrol grubu SEM görüntüleri.....	44



KISALTMALAR

SEM: Scanning Electron Microscope

AFM: Atomic Force Microscope

ARS: Air Rotor Stripping

F: Flor

NaF: Sodyum Florür

CPP-ACP: Kazein fosfopeptit amorf kalsiyum fosfat

ACP: Amorf kalsiyum fosfat

ACFP: Amorf kalsiyum florid fosfat

PAMAM: Poli amido amid

nHap: Nanohidroksiapatit

QLF/LIF: Quantitative Light/ Laser-Induced Fluorescence

IPR: İnterproksimal redüksiyon

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Ara yüz mine aşındırması çapraşık dişlerin varlığında yer kazanmak, Bolton diş boyut uyumsuzluğunu düzeltmek, dişeti çekilmesine bağlı olarak birbirine komşu dişler arasında meydana gelen siyah üçgenlerin elimine edilmesi gibi amaçlarla çekimsiz ortodontik tekniklerin gelişiminden beri kullanılan bir klinik uygulama olup, dişlerin meziodistal diş boyutu azaltılarak gerçekleştirilir (Peck ve Peck,1972; Zachrisson ve diğerleri, 2011,2007; Sheridan ve Ledoux,1989). Aralarında direkt bir ilişki tespit edilmese de bu prosedürün mine yüzeyini zayıflatarak, hastaları çürük ve diş hassasiyetine yatkın hale getirebilme ihtimali literatürde işlenmiştir (Rossouw ve Tortorella,2003; Mikulewicz ve diğerleri,2007; Sheridan ve Ledoux,1989). Bununla birlikte, çeşitli ara yüz mine aşındırması metodlarının işlem görmemiş mineye göre daha düzensiz ve pürüzlü bir mine yüzeyi oluşturduğu taramalı elektron mikroskobu (SEM) çalışmaları ile gösterilmiştir (Bonetti ve diğerleri,2014). Bu yan etkilerin önlenmesi için remineralizasyon ajanlarının kullanımı önerilmektedir (Arman ve diğerleri,2006).

Flor, demineralizasyon insidansını azaltmak için en çok tercih edilen yaklaşım olup erken mine lezyonlarının önlenmesinde altın standarttır (Bonetti ve diğerleri,2014). Flor ve minedeki hidroksiapatit kristalleri arasında gerçekleşen etkileşim sonucu demineralizasyonu daha fazla önleyen florohidroksiapatit oluşmaktadır (Ten Cate,1990). Desai ve ark. mine yüzeyine yapılan ara yüz mine aşındırması işlemi sonrası doğal tükürük, xylitol ve flor jel uygulamasının mine mikrosertliği ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırdıkları çalışmalarında flor jel uygulanan grupta mikrosertlik en yüksek düzeyde gözlenmiştir (Desai ve diğerleri,2018). Florlu remineralizasyon ajanları içerisinde en sık kullanılan NaF verniklerdir (Delbem ve diğerleri,2014). Remineralizasyon kapasitesi olmasına rağmen flor, rejeneratif özelliğe sahip değildir (Grohe ve Mittler,2021).

Restorasyon ve tamir için kullanılan dental materyallerin rejenerasyon potansiyeli koruyucu diş hekimliği prosedürleri açısından çok önemli olmakla beraber, çoğu materyal bu özelliği göstermezler, bundan dolayı araştırmacılar mine ve dentinin rejenerasyonunu potansiyelize eden yeni koruyucu ajanları geliştirmeye yönelmişlerdir. Biyomimetiklerle remineralizasyon girişimsel olmayan bir metottur. Biyomineralizasyon işleminde organik ve inorganik hibrit materyaller geliştirilip doğal mineralize doku taklit edilir. Çeşitli biyomineralizasyon ajanları: kalsiyum klorid içeren agaroz hidrojel, fosforile chitosan,

amorf kalsiyum fosfat nano kompleksleri, amelogenin ve kendinden birleşen peptitlerdir (Guentsch ve diğerleri,2019). Kendinden birleşen peptitler (P11-4) mine matriks proteinlerini taklit etmek, hidroksiapatit oluşumuna katkıda bulunmak ve 3 boyutlu matriks oluşumu için tasarlanmıştır (Alkilzy ve diğerleri,2018). P11-4'ün, tükürükteki kalsiyum iyonlarına yüksek bağlanma kapasitesi ile mine matriksinin etrafında mine kristalleri oluşumunu sağladığı bildirilmiştir (Soares ve diğerleri,2017). P11-4 ile tedavi edilen çürük lezyonlarının dış görünüşü önemli derecede iyileşmiş ve radyografik opasitesi artmış, hatta tedaviden sonra 6-12 ay kadar stabil kaldığı görülmüştür (Schlee ve diğerleri,2018). Bu güncel ve umut vaat eden tedavi prosedürü ile ilgili yapılan sınırlı sayıdaki çalışmalar çürük lezyonları üzerine odaklanmıştır. Ortodonti alanında sıkça uygulanan ara yüz mine aşındırması işlemi sonrasında değişen mine yapısına olan etkisine dair bir çalışma mevcut değildir.

Bu çalışmanın amacı: çekilmiş daimi dişlere ara yüz mine aşındırma işlemi sonrası uygulanan biyomimetik peptit (P11-4) esaslı bir remineralizasyon ajanı olan Curodont Repair'ın mine yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertliğe olan etkisini, sodyum florid vernik (Enamelast) ve Icon rezin infiltrant ile karşılaştırılmalı olarak deneysel koşullarda değerlendirmektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 STRİPPİNG TANIMI

Stripping, diğer tabirle interproksimal mine redüksiyonu, çekimin istenmediği hafif/orta dereceli çapraşıklık vakalarında dişlerin mine kalınlıkları ve yapısı göz önünde bulundurularak mezial ve distal yüzeylerindeki mine dış tabakasının aşındırılmasıyla anterior ve posterior bölgelerde yer sağlayan yardımcı ortodontik tedavi prosedürüdür (Sheridan,1985; Rossouw ve Tortorella,2003). Çekim yapılan hastalarda boşluk kapatma ile ilgili sorunlar, hastaların çekim yaptırmama yönündeki istekleri, tedavi tamamlandıktan sonra çekim boşluklarının tekrar açılma riski gibi sebeplerden dolayı ara yüz mine aşındırması işlemi artan bir popüleriteye sahiptir (Harini ve diğerleri 2020).

2.2 STRİPPİNG TARİHÇESİ

İlk olarak 1944'te Ballard tarafından mandibular anterior dişlerin boyut uyumsuzluğunu düzeltmek amacıyla ara yüzeylere mine aşındırması uygulaması savunulmuştur (Ballard,1944). Birkaç yıl sonra Hudson metalik striplerle yapılan aşındırma işlemin ardından cilalama ve flor uygulamasını içeren detaylı bir ara yüz mine aşındırması tekniği sunmuştur (Hudson,1956). Peck ve Peck iyi hizalı mandibular keserlerin çapraşık olanlara göre daha küçük meziodistal/fasiyolingual endekse sahip olduklarını gözlemlemiştir ve diş şekillerindeki sapmayı işaret ederek ara yüz mine aşındırmasını önermiştir (Peck ve Peck,1972). Tuverson anterior interokluzal dental ark uzunluğundaki uyumsuzluğun düzeltilmesinin alt anterior dişlerin meziodistal kron aşındırması ile başarılabileceğine işaret etmiştir (Tuverson,1980). Aynı yıl Boese mandibular arkların tedaviden 4-9 yıl sonraki artmış stabilitesine dayanarak, ortodontik tedavi sonuçlarını geliştirmek için ara yüz mine aşındırması yöntemini sirkumferansiyal suprakrestal fiberotomi ile kombine etmeyi önermiştir (Boese,1980). Bu çalışmaların memnun edici sonuçlarına rağmen arktaki tüm dişlere bant uygulanması prosedürü ara yüz mine aşındırması konseptinin büyümesini yıllarca engellemiştir. 1980'lerin ortasında Sheridan, Air Rotor Stripping (ARS) tekniği ile dünya genelinde klinisyenlerin dikkatini çekmiştir. Sheridan tarafından arka arkaya yapılan 2 çalışmada ara yüz mine aşındırılması hafif orta dereceli çapraşıklıklarda çekim/genişletme yöntemlerine alternatif olarak sunulmuştur (Sheridan 1985,1987). Nihai olarak Zachrisson ön dişlerin estetiği geliştirmek ve çapraşık ön bölge dişlerinin

hizalanmasından sonra belirgin hale gelen interdental gingival çekilmenin önlenmesi veya durdurulması için minenin yeniden şekillendirilmesini önermiştir (Zachrisson,2004).

2.3 STRİPPİNG ENDİKASYONLARI

- a. Dental arkta 4-8 mm kadar yer darlığı (Frindel,2010; Jadhav,2011; Phulari,2011; Chudasama,2007)
- b. Bolton uyumsuzluklarının giderilmesi (Frindel,2010; Chudasama,2007; Zachrisson,2011; Arhun,2007; Kilinc,2009; Cakan,2010)
- c. Diş formunun düzeltilmesi, dental estetik (Rambo,2007)
- d. Çekime gerek kalmadan diş hareketi için gerekli yerin elde edilmesi (Frindel,2010; Jadhav,2011; Arhun,2007; Cakan,2010; Kanoupakis,2011; Jung,2013; Florman,2010)
- e. Ortodontik tedavi sonrası retansiyon ve stabilitenin artırılması (Zachrisson,2007; Jadhav,2011; Phulari,2011; Kilinc,2009; Cakan,2010; Rambo,2007; Kanoupakis,2011)
- f. Gingival konturun düzenlenmesi, siyah üçgenlerin eliminasyonu (Frindel,2010; Jadhav,2011; Zachrisson,2011; Kanoupakis,2011; Rossouw,2003; Rakosi,2010; Kandasamy,2007)

2.4 STRİPPİNG KONTRAENDİKASYONLARI

- a. Arkta 8 mm'den fazla yer darlığı (Zachrisson,2007; Jadhav,2011)
- b. Zayıf oral hijyen, aktif periodontal hastalık (Zachrisson,2007; Jadhav,2011)
- c. Mine hipoplazisi (Florman 2010)
- d. Soğuğa karşı aşırı hassasiyet (Zachrisson,2007; Jadhav,2011)
- e. Yüksek çürük riski (Phulari,2011; Kanoupakis,2011)
- f. Genç hastalarda geniş pulpa odalı dişler (Florman 2010; Phulari 2011; Singh,2007)

2.5 STRİPPİNG İŞLEMİNİN PRENSİPLERİ

Sheridan (Sheridan,2007) ve Fillion (Fillion,1993a,1993b) tarafından benimsenen rehber şu şekildedir:

- a. Herhangi bir ataçman yapıştırma işleminden önce ara yüz mine aşındırması yapılmamalıdır.
- b. Rotasyonlu dişler ara yüz mine aşındırması öncesinde tamamen hizalanmalıdır.
- c. Tüm dişlere tek seansta ara yüz mine aşındırması yapılmamalıdır.
- d. Sheridan ara yüz mine aşındırması yapılacak yüzeyin daha kolay görülebilir ve ulaşılabilir olması adına işlemde bir seans öncesinde dişler arasında separatör yerleştirilerek dişlerin ayrılmasını önermektedir.
- e. Ara yüz mine aşındırması ile elde edilen yerin kaybını önlemek adına işlemin her zaman posteriordan anteriora doğru uygulanması gerekmektedir.
- f. Pamuk rulo, tahta takozlar veya rubber dam ile komşu yumuşak dokular her zaman korunmalıdır.
- g. Ara yüz mine aşındırması ile diş uygun formda şekillendirilmeli ve kalan mine yüzeyi cilalanmalıdır.
- h. İlave olarak Sheridan'a göre aşınmış mine yüzeyinin remineralizasyon potansiyelini arttırmak için hastaya flor solüsyonu reçete edilmelidir (Sheridan ve Chudasama, 2008).

2.6 STRIPPING TEKNİKLERİ

Günümüzde yaygın olarak kullanılan 3 teknik mevcuttur:

- a. Tungsten karbid/elmas frez ve elmas kaplı stripler ile yapılan Air rotor stripping (ARS) tekniği
- b. Elmas kaplı diskler
- c. Elle veya motorla kullanılan aşındırıcı metal stripler

Kullanılacak ara yüz mine aşındırması tekniği çapraşıklığın şiddeti ve dişlerin hangi segmentte olduğuna bağlıdır. Metal aşındırıcı strip anterior mine redüksiyonu için el ile kullanılan enstrümandır. Elmas diskler çeşitli kalınlık ve grenlerde mevcut olup aşındırıcı elmas ile kaplıdır. Tek veya çift taraflı olabilirler. Ancak yüksek hızlarda kullanıldığında dil, dudak ve yanaklara zarar verebilme ihtimali söz konusu olup bunu önlemek için disk koruyucu kullanmak gerekmektedir ve bu koruyucu hekimin görüşünü azaltmaktadır. Bu

nedenle rotasyon değil de salınım hareketi ile çalışan segmental diskler geliştirilmiştir. Üçüncü en popüler ara yüz mine aşındırması tekniği olan ARS 20 yıl kadar önce Sheridan tarafından sınır vakalarda genişletme veya diş çekimine alternatif olarak tanımlanmıştır (Jargura ve diğerleri,2006; Sheridan ve Chudasama,2007).

Özellikle bukkal segmentte ARS tekniği ile ihtiyaç duyulan kadar yer sağlanabilir. ARS uygularken önerilen, kesici olmayan uca sahip frezlerin kullanımıdır. Bu sayede konvansiyonel frezlerin ara yüzeylerde oluşturabileceği oluklar önlenabilmektedir (Frindel,2010). Sheridan tarafından bu tekniğin aşamaları şöyle tanımlanmıştır: öncelikle 699 LC karbit crosscut frez dişler arasında başlangıç mine aşındırması için kullanılır ardından 100 mikronluk orta grenli açılı elmas frez düzleştirme ve konturlama için kullanılır sonrasında 30 mikronluk ince grenli açılı elmas frez ekstra düz yüzey için elde etmek kullanılır nihai olarak 15 mikronluk ekstra ince grenli açılı elmas frez cilalamanın tamamlanması için kullanılır (Sheridan ve Chudasama,2007). Su soğutması altında çalışılması gereken bu yöntemde bir kontakt noktasından kaldırılacak maksimum mine miktarı 1 mm olup maksiller lateral ve mandibular keser bölgesinde mine kalınlığı daha ince olduğundan bu miktar 0.5 mm olmalıdır (Sheridan ve Chudasama,2007).

İntensive Ortho Stripler son zamanlarda popülerite kazanan bir ara yüz mine aşındırması metodudur. ARS ye alternatif olarak kullanılmaktadır. Ortho-stripler ince yarı esnek stripler olup özel tutucuları ile kullanılır. El ile uygulanan stripler ile karşılaştırıldığında mine aşındırmasında daha etkili ve hasta başında geçirilen zamanı kısaltan bir yöntem olup işlem sonrası mine yüzeyi daha düzgündür (Gazzani ve diğerleri,2019). Bu teknoloji ARS den daha çok vakit almakta ancak sonuçları daha tahmin edilebilir ve mine yüzeyi frez kullanırken elde edilenden daha pürüzsüzdür.

Bu tekniklerin yanı sıra yaygın kullanılmayan bazı ara yüz aşındırma yöntemleri de mevcuttur. Bunlardan biri %18 HCL veya %37 ortofosforik asit ile yapılan kimyasal aşındırma yöntemidir. %18 HCL yumuşak dokuya zarar verebileceği için rubberdam kullanımı gerektirir. %37 ortofosforik asitte ise koruyucu jel kullanımı yeterli olmakla birlikte her iki yöntem de patolojik renklenmelerde beyazlatma tedavisine yardımcı bir yöntem olup ortodontide yaygın bir kullanımı yoktur ve metal şeritlerle elde edilenlere benzer pürüzlü yüzey oluşturmaktadırlar (Ten Cate ve Arends,1980).

Kimyasal aşındırmanın mekanik aşındırma ile kombine kullanıldığı bir yöntem de mevcuttur. Önce %37 ortofosforik asit ardından mekanik aşındırma yapıp sonrasında asitin hava su spreyi ile uzaklaştırılması şeklinde uygulanan bu yöntemi kullanarak yapılan çalışmalar arasında hem en pürüzlü yüzey oluşturduğunu belirten çalışma, hem de düzgün bir yüzey sağladığını belirten çalışma mevcuttur (Arman ve diğerleri,2006; Joseph ve diğerleri,1992). Genellikle dolgu şekillendirilmesinde kullanılan profin uçlar ve diş hekimliğinin birçok alanında kullanılan sonik aşındırma uçları da ara yüz mine aşındırması yöntemleri arasında sayılmaktadır (Arslan ve Kaya,2020). Yaygın kullanılan ara yüz mine aşındırması teknikleri avantajları ve dezavantajlarıyla Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 2.1: Ara yüz mine aşındırması tekniklerinin karşılaştırılması

Metal strip zımpara	El ile uygulama/döner alet: El ile uygulama
	Avantajlar: Dişlerin rotasyonlu olduğu, dolayısıyla diskin uygun olmadığı durumlarda
	Dezavantajlar: Pratik değil, özellikle posteriorda kullanımı zor, zaman alıcı, öngörülemeyen sonuçlar
Elmas disk	El ile uygulama/döner alet: Döner alet
	Avantajlar: Cilalama ile birlikte en düz mine yüzeyi elde edilir.
	Dezavantajlar: Hastanın dil dudak ve yanaklarına yakınlığından dolayı yüksek hızlı döner aletlerle birlikte kullanımı tehlikeli, öngörülemeyen sonuçlar, diş yüzeyinde derin yarıklar bırakır
Frezler	El ile uygulama/döner alet: Döner alet
	Avantajlar: Minede çıkıntılar oluşturmaması için keskin olmayan noktalara sahip, Ağrısız
	Dezavantajlar: Elmas disk ve metal striplere nazaran daha çok pürüzlü yüzey bırakır. elmas veya karbid frezler yeterli esnekliği sağlamaz
Orthostrip sistem	El ile uygulama/döner alet: Döner alet
	Avantajlar: Yumuşak dokuya zarar vermek riski yok, ARS den daha pürüzsüz yüzey, tahmin edilebilir sonuçlar, diğer dişi koruma amaçlı sadece tek aşındırıcı yüzeye sahip
	Dezavantajlar: ARS ye göre daha uzun prosedür

2.7 DIŞLERİN ARA YÜZEYİNDEN GÜVENLİ OLARAK AŞINDIRILABİLECEK MİNE MİKTARI

Yaygın olarak kabul edilen görüş herhangi bir dental veya periodontal riske sebep olmadan dişlerin ara yüzeylerindeki minenin en çok %50 sinin aşındırılabilceği yönündedir (Jung,2013). Sheridan'ın (Sheridan,2007) ilk olarak belirttiği gibi arkta 5 anterior, 8 bukkal kontakttan sırasıyla 2,5 ve 6,4 mm yer elde edilebilir. En güncel bilgilere göre bukkal bölgede kontakt noktalarında 1 mm (her bir yüzeyden 0,5), alt keserlerde ise ince proksimal duvarlardan dolayı her kontakt noktasında 0,75 mm'yi aşmamalıdır (Peck ve Peck 1972). Ancak ortodontist proksimal mine kalınlıklarındaki değışkenlikleri göz ardı etmemelidir (Rambo,2007; Kanoupakis ve diğlerleri,2011). Aşındırılacak mine miktarını belirlerken dişlerin, restorasyonların ve kronların gerçek şekillerini göz önünde bulundurmak da yararlıdır; örneğin üçgen şekilli dişlerde önemli derecede yer kazanılır (Frindel,2010).

2.8 STRİPPİNG İŞLEMİNİN DİŞ VE DESTEK DOKULARA ETKİSİ

Pulpaya etkisi: Sürtünme ısısı döner alet ile ara yüz mine aşındırması prosedürlerinin yaygın yan etkisidir. Pulpadaki 5,5°C den daha çok artış pulpada geri dönüşümsüz hasara sebep olmaktadır (Fillion,1993b). Baysal ve ark. (Baysal ve diğlerleri,2007) yüksek hızlı döner alet ile tungsten karbid frez kullanılarak yapılan ara yüz mine aşındırması işleminde ciddi ısı artışı tespit etmişlerdir ve eş zamanlı soğutma işlemi uygulanmasını vurgulamışlardır.

Çürük insidansı ve periodontal etkisi: Bazı deneysel çalışmalara göre ARS, aşındırılan mine yüzeylerinde demineralizasyon insidansını arttırmaktadır. Beş yıldan fazla süren takipler (Zahcrisson ve diğlerleri,2007,2011; Jargura ve diğlerleri,2006) sonrası %0-4,6 arası değışen düşük oranlarda yeni ara yüz çürüğü oluşumu gözlemlenmiştir (Zahcrisson ve diğlerleri,2007;2011). Crain ve Sheridan ise 2-5 yıl öncesinde yapılmış ara yüz mine aşındırması vakalarını incelediklerinde ara yüz mine aşındırması ile çürük duyarlılığı arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulmamışlardır (Crain ve Sheridan,1990). Periodontal sağlığa etkisi üzerine 9 yıla kadar olan gözlemsel çalışmalar, gingival indekste ve alveoler kret yüksekliğinde önemli farklılıklar bildirmemişlerdir (Boese,1980; Zahcrisson ve diğlerleri,2011). Zachrisson ve arkadaşları (Zahcrisson ve diğlerleri,2007) 10 yıl öncesinde ara yüz mine aşındırması yapılan 61 hastada yumuşak ve sert doku

komplasyonlarını değerlendirmek üzere detaylı klinik ve radyografik metod kullanmışlardır. Hastaların %93'ünde labial gingivanın incilmesi veya gingival çekilme belirtileri gözlenmemiştir. Kontrol ve deney grubu arasında krestal kemik yüksekliğinde 0,2 mm kadar önemsiz bir fark gözlenmiş, mandibular anterior bölgede kökler arasında meziodistal kemik genişliği azalması görülmemiştir.

Ara yüz mine aşındırması sonrası dişlerin azalan meziodistal genişliği nedeniyle kök yakınlaşması hızlı periodontal yıkımına yatkınlık kazandırmamaktadır (Arhun ve Arman,2007). Kökler arası mesafe en az 0,5 mm olana kadar komşu diş kökleri arasında lamina dura boyunca kansellöz kemik bulunmaktadır. Hatta 0,3 mm'den küçük mesafede bulunduklarında bile komşu kök yüzeyleri aynı sağlıklı periodontal ligamenti paylaşmaktadır (Heins ve Wieder,1986).

Yüzey pürüzlülüğü ve plak akümüasyonu: Mineye yapılan her aşındırıcı müdahale gibi ara yüz mine aşındırması prosedürü de yüzey pürüzlülüğünde artış ile sonuçlanmaktadır (Klukowska ve diğerleri,2011). Ara yüz mine aşındırması sonrası interdental mine yüzeyinde cilalama sonrasında dahi birçok çizik kalmaktadır (Arman ve diğerleri,2006). Bu nedenle plak akümüasyonu daha yoğun olabilmektedir (Frindel,2010). Ara yüz mine aşındırması sonrası iyi bir oral hijyen eğitimi verilmeli, çürük için profilaktik yaklaşımlarda bulunulmalıdır. En düşük plak akümüasyonu ve en düz mine yüzeyi elmas kaplı disk ile ara yüz mine aşındırması sonrasında Sof-Lex (3M ESPE) disk ile polisaj yapıldığında görülmüştür. En pürüzlü yüzey ise cilalama olmadan kimyasal ara yüz mine aşındırması ve ARS sonrası gözlenmiştir (Rao ve diğerleri,2011; Gupta ve diğerleri,2012).

Dişte aşırı duyarlılık: Isı değişimlerine karşı aşırı duyarlılık hastanın yaşına (Jadhav ve diğerleri,2010; Phulari,2011), çapraşıklığın ciddiyetine (Jadhav ve diğerleri,2010; Phulari,2011; Rossouw ve Tortorella,2003), patolojik diş aşınmalarına (Phulari,2011) ve kaldırılan mine miktarına bağlıdır (Chudasama D, Sheridan,2007; Rossouw ve Tortorella,2003; Sheridan ve Armbruster,2005).

2.9 REMİNERALİZASYON

Fizyolojik koşullarda ağız sıvıları minenin mineral içeriğine kıyasla kalsiyum ve fosfat açısından daha doygun olup, bu iyonlar sürekli olarak mine yüzeyinde veya mineral kaybı olan mine alanlarında çökelirler. Bu durum, minenin mineral yapısını desteklemek için

tükürük tarafından desteklenen doğal savunma fenomeni olarak düşünülebilir (Ten Cate ve diğerleri,2008). Bundan dolayı remineralizasyon minenin kaybedilen minerallerinin yeniden kazandırılması olarak tanımlanabilir. Rejenerasyon ise, yeni büyümenin hasarlı doku bölümlerini tamamen normal durumlarına geri döndürdüğü bir tür iyileşmeyi ifade eder (Kristine,2010). Demineralizasyon ve remineralizasyon dinamik fizikokimyasal işlem olup mine yapısının tamiri için başta flor olmak üzere geçmişten günümüze birçok remineralizasyon ajanı geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Ancak son zamanlarda reperatif değil rejeneratif biyomineralizasyon terapilerine yönelim söz konusudur; hasarlı dental dokular biyolojik olarak benzer dokular ile yer değiştirir (Alkilzy ve diğerleri,2018b). Olgun mine hücresiz, kendini remodele etmeyen bir yapı olduğu için mine rejenerasyonu özellikle zordur (Moradian,2012). Biyomimetik ajanlar aracılığıyla mine benzeri apatit yapıların fizyolojik koşullar altında biyomimetik sentezi hasarlı mine tamirinde geleneksel yöntemlere bir alternatiftir. Ameloblastların esas salgısı olup, minenin organik komponentinin %90'ını oluşturan amelogenin, supramoleküler yapılara dönüşerek nukleasyonun başlamasında direkt role sahiptir. Bu nedenle minenin biyomimetik remineralizasyonunun kontrolünde amelogeninin yapı ve fonksiyonlarını bilmek önemlidir (Chu ve diğerleri,2018).

2.10 REMİNERALİZASYON AJANLARI

Pitts ve Wefel'e göre (Pitts ve Wefel,2009) remineralizasyon ajanlarında bulunması gereken özellikler:

- a. Güvenilir ve etkili olmalı
- b. Hızla demineralize yüzeye çökmeli
- c. Asit bazlı etkenlere karşı stabil apatit yapısı oluşturulmalı
- d. Geleneksel floride göre avantajlı olmalı
- e. Tükürüğün doğal remineralizasyon potansiyeline ilave remineralizasyon potansiyeli olmalı
- f. Demineralizasyona karşı hem yüzeyde hem yüzey altında etki göstermeli

Florür, kalsiyum fosfat sistemler, polifosfat sistemler, biyomimetik remineralizasyon ajanları ve şeker alkollerini diş hekimliği pratiğinde yaygın kullanılan remineralizasyon

ajanları olup, remineralizasyon sistemleri mevcut ticari ürünlerin isimleri ile Tablo 2 de verilmiştir.

2.10.1 Florür

Diş hekimliğinde florun ilk kullanılmaya başlanmasından itibaren, flor (F) koruyucu tedavilerin önemli bir kısmında yer almaktadır ve günümüze kadar diş çürüklerinden korunmak amacıyla geliştirilen sistemik ve topikal birçok yöntemle flor ajanlarından yararlanılmaktadır (Tenuta and Cury,2010). Flor, halojen ailesinin bir üyesidir ve yüksek elektronegatifliğe sahip bir eser elementtir. Genellikle doğada serbest halde bulunmaz ve bileşikler oluşturarak, flor tuzları (floridler) şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Suda, toprakta, kayada, atmosferde, yiyecek ve içeceklerde, bitki ve hayvanlarda ve canlı dokularda bulunan flor bitkilerden en çok çay ve tütünde, hayvansal gıdalar arasında ise en çok balıkta rastlanır (Küçükşen ve Sönmez,2008).

Flor, demineralizasyon insidansını azaltmak için en çok tercih edilen yaklaşım olup erken mine lezyonlarının önlenmesinde altın standarttır (Bonetti ve diğerleri,2014). Demineralizasyon remineralizasyon dengesini minerallerin çözünürlük ürünlerini azaltarak etkiler böylece bakteri asitleri karşısında mineyi bozulmaktan korur (Weatherell ve diğerleri,1977). Flor içeren ürünler ağız gargarası, tablet, jel veya vernik olarak bulunabilmektedir. Florlu remineralizasyon ajanları içerisinde en sık kullanılan en etkili olduğu düşünülen sodyum florür (NaF) vernikler (Delbem ve diğerleri,2014) olup flor içeren diş macunları sodyum florür, sodyum monoflorofosfat, amin florid, stannöz florid gibi çeşitli kimyasal formlarda mevcuttur. Desai ve arkadaşlarının mine yüzeyine yapılan ara yüz aşındırma işlemi sonrası doğal saliva, xylitol ve flor jel uygulamasının mine mikrosertliği ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırdıkları çalışmalarında flor jel uygulanan grupta mikrosertlik en yüksek düzeyde gözlenmiştir (Desai ve diğerleri,2018).

Florun diş yüzeyindeki hidroksiapatit kristalleri ile birleşerek florohidroksiapatit denilen daha sert bir tabaka mineral oluşturduğuna inanılır. Bu yapı demineralizasyona karşı daha dirençlidir ancak kalsiyum ve fosfat iyonlarının derindeki lezyona penetrasyonunu engeller (Ten Cate,1990). Bir florohidroksiapatit kristali oluşumu için 2 flor iyonu 10 kalsiyum iyonu ve 6 fosfat iyonu gerekmektedir. Bu nedenle kalsiyum ve fosfat iyonlarının eksikliği florohidroksiapatit oluşumunda limitleyici faktördür. Ayrıca yüksek konsantrasyonlarda flor kullanımı florozis riski sebebiyle önerilmemektedir (Goswami ve diğerleri,2012). Flor

içeren ürünler mine remineralizasyonunda etkili ancak organize apatit kristalleri oluşumunu sağlama potansiyeline sahip değildir (Ruan ve Moradian, 2015).

2.10.2 Kalsiyum Fosfat Sistemler

Çözünmeyen kalsiyum fosfatlar kolayca uygulanamazlar, diş yüzeyinde etkili bir şekilde lokalize olmazlar ve mine yüzey altı lezyonlarına difüzyon yapabilen iyonlar üretmek için asit gerektirirler. Çözünür kalsiyum ve fosfat iyonları ise diş plağına büyük ölçüde dahil olmayıp, diş yüzeyinde lokalize olmadıkları için yüzey altı lezyonlara difüzyonlarını sağlayacak yeterli konsantrasyona ulaşamazlar. Bu sebeple kalsiyum ve fosfat iyonlarının sınırlı biyoyararlanımının üstesinden gelmek için üç farklı kalsiyum fosfat bazlı remineralizasyon sistemi geliştirilmiştir (Reynolds, 2008).

2.10.2.1 Stabilize kalsiyum fosfat

Kazein fosfopeptit amorf kalsiyum fosfat (CPP-ACP):

Son yıllarda CPP-ACP remineralizasyonu desteklemesi bakımından flora alternatif olarak sunulmuştur (Chu ve diğerleri,2018). Nükleasyonları için gerekli kritik boyuta kadar büyümelerini ve kalsiyum ile fosfatın çökmesini önleyen çoklu fosforil kalıntıları aracılığıyla dental plakta kalsiyum fosfat seviyesini artırırlar (Tuversen,1980). Bu kompleks plakta kalsiyum ve fosfat rezervuarı gibi davranır. Serbest kalsiyum ve fosfat iyon aktivitelerini tamponlayarak diş minesine göre daha doygun olan durumun korunmasına yardım eder (Chambers ve diğerleri,2013). ACP nin CPP'ye bağlanması pH a göre değişir; pH azaldıkça bağlanma azalır (Arhun ve Arman,2007; Reynold ve diğerleri,2002), pH arttıkça bağlanan ACP artar, serbest kalsiyum ve fosfatı stabilize eder, kalsiyumfosfatın spontan çökmesi meydana gelmez. Bu durum aynı zamanda doğal bir antitartar mekanizmadır. Plak bakterileri tarafından asit üretilmesi durumunda CPP ile bağlı ACP plak pH ını tamponlar, bunu yaparken kalsiyum hidrojen fosfat bileşiğindeki kalsiyum ve fosfatları ayrıştırırlar. Plak kalsiyum ve fosfat iyonlarındaki bu artış pH taki herhangi bir düşüşü telafi eder. Bu sayede mine demineralizasyonunu engeller. Plakta asit üretimi olur ancak remineralizasyon süreci boyunca mine lezyonunda hidroksiapatit formasyonu vardır. Bu durum CPP-ACP'nin neden etkili bir remineralizasyon solüsyonu olduğunu açıklar (Iijima ve diğerleri,2004). CPP ACP nin flor içeren ürünlerle kombine

kullanımının ortodontik braketler etrafında demineralizasyonu azaltmada etkili olduğu kanıtlanmıştır (Sudjalim ve diğerkleri,2007).

Yüksek çürük riski olan çocuklarda dişlerin flor içeren diş macunu ile fırçalanmasının ardından topikal CPP-ACP uygulanması önerilmektedir (Anderson ve diğerkleri,2007). Bir sistematik derlemeye göre; CPP-ACP'nin mine yüzeyaltı lezyonlarını remineralize etmekteki etkilerini değerlendirmek için yapılan çalışmaların tümü 14 gün boyunca 18,8 mg CPP-ACP içeren sakız çiğnenmesi ile mine yüzeyaltı remineralizasyonunda istatistiksel olarak önemli bir artış olduğunu göstermiştir (Azarpazhooh ve Limeback,2008).

Andersen ve ark. CPP-ACP içeren dental kremin beyaz nokta lezyonlarının remineralizasyonu üzerine etkilerini lazer floresan kullanarak gözlemledikleri çalışmalarında beyaz nokta lezyonlarında iyileşme olduğunu belirtmişlerdir (Anderson ve diğerkleri,2007).

2.10.2.2 Kristalin kalsiyum fosfatlar

Fonksiyonel β -trikalsiyum fosfat:

Kristalin β -TCP, karboksilik asit ve sürfaktanları ile bağlanarak fonksiyonel β -trikalsiyum fosfat oluşturmak üzere modifiye edilmiştir (Amaechi ve diğerkleri,2010). Fonksiyonel β -trikalsiyum fosfat oluşturmaktaki amaç flor ve kalsiyumun prematür etkileşimini önleyecek bariyer yaratmak böylece diş uygulandığında düşük dozlu salınım sistemi olarak davranmasını sağlamaktır (Karlinsky ve Pfarrer,2012). Diş yüzeyinde flor iyon aktivitesini yükseltir. Remineralizasyon çoğunlukla tükürük kalsiyum ve fosfat iyonları ile sağlanmaktadır. Plasebo kontrollü klinik deneyler göstermiştir ki, tek başına flor uygulamasına kıyasla fonksiyonel β -trikalsiyum fosfat ile kombine uygulama remineralizasyonu geliştirir, asite daha dirençli yapı oluşturulur. Piyasada trikalsiyum fosfat ile 5000 ppm(Amerika), 850 ppm(Avustralya) ve 950 ppm(Asya) florun birleştirildiği diş macunları bulunmaktadır (Karlinsky ve Pfarrer,2012; Amaechi ve diğerkleri,2010; Mathews ve diğerkleri,2012).

Kalsiyum sodyum fosfosilikat:

Biyoaktif cam materyalidir. Ağız ortamına maruz kaldığında sodyum, kalsiyum ve fosfat iyon salınımı yapmakta ardından tükürük ile etkileşimde bulunup diş minerali ile kimyasal olarak benzer olan kristalin hidroksikarbonat apatit tabakası çökelmektedir (Burwell ve diğerleri,2009). Son zamanlarda laboratuvar ortamında ve canlı üzerinde yapılan çalışmalardan elde edilen verilerin kanıt değeri zayıf ve çelişkili olup randomize kontrollü çalışmalardan remineralizasyon etkisini kanıtlayan klinik bilgi yoktur (Parkinson ve diğerleri,2017; Wang ve diğerleri,2016).

2.10.2.3 Stabilize olmayan kalsiyum fosfat

Amorf kalsiyum fosfat (ACP):

ACP, katı kalsiyum fosfat parçacıklarının süper doymuş bir çözeltisidir. Biyoapatitin öncüsü olarak ve biyomineralizasyonun geçiş aşamasında özel bir rol oynar (Valian A. ve diğerleri,2014). Çift başlıklı diş macunu aracılığıyla kalsiyum tuzları (kalsiyum sülfat) ve fosfat tuzları (potasyum fosfat) ağız ortamına ayrı ayrı dağıtılmaktadır (Tung ve Eichmiller,2004). Tükürük ile birleşen tuzlar çözünür ve kalsiyum ile fosfat iyon salınımı yaparlar. Bu iyonların birleşimi, amorf kalsiyum fosfat (ACP) veya flor iyonu varlığında amorf kalsiyum florid fosfat (ACFP) çökmesi ile sonuçlanır. Ağız ortamında ACP ve ACFP stabil olmayıp hızlı bir şekilde termodinamik olarak daha stabil kristalin faza dönüşebilirler (floroapatit, hidroksiapatit). Ancak faz transformasyonundan önce kalsiyum ve fosfat iyonları mine yüzey altı lezyonların remineralizasyonunu destekleyebilir. Bazı araştırmacılar ise ağız ortamında oluşan bu ürünün stabil olmayan doğasından dolayı endişe duymaktadırlar. Stabil olmayan ACP/ACFP ağızda zayıf çözünür fazlara dönüşerek diş taşı oluşumunu destekleyebilirler. ACFP oluşumu ile mevcut flor iyonları bağlandığı için yüzey altı mine lezyonlarının remineralizasyonunu destekleme kabiliyeti azalır. ACP teknolojisi ile ilgili limitli kanıt varlığı ve daha iyi alternatiflerin mevcudiyeti klinik uygulanabilirliğini limitlemektedir (Cochrane ve diğerleri,2010).

2.10.3 Polifosfat Sistemler

2.10.3.1 Sodyum trimetafosfat

Geleneksel ürünlerin çürük önleyici etkinliğini sürdürürken florozis riskini azaltmanın bir yolu floru kısmen sodyum trimetafosfat, kalsiyumgliserofosfat veya hegzametafosfat gibi polifosfat tuzları ile yer değiştirmektir (Da Camara ve diğerleri,2016; Takahashi ve diğerleri,2016; Zaze ve diğerleri,2014). Polifosfatlar arasında sodyum trimetafosfat sadece demineralizasyonu önlemesi açısından değil remineralizasyonu geliştirmesi açısından da en etkili çürük önleyici ajandır (Freire ve diğerleri,2016; Takeshita ve diğerleri,2011). Sodyum trimetafosfat mine yüzeyindeki fosfatlara güçlü bir biçimde bağlanıp diğer fosfatlara kıyasla daha uzun süre adsorbe kalabilen yoğunlaştırılmış inorganik fosfattır (McGaughey ve Stowell,1977). Bu durum çürük yapıcı ortamda mine yüzeyinde asit difüzyonunu limitleyen koruyucu tabaka oluşumuna yol açmaktadır (McGaughey ve Stowell,1977). Bu koruyucu tabaka kalsiyum ve flor iyonlarının mine içine difüzyonunu aksatmamaktadır. Birkaç çalışmada düşük flor konsantrasyonunda bile mineral kaybını minimize edebileceği ortaya konulmuştur (Takeshita ve diğerleri,2011,2015; Danelon ve diğerleri,2014; Favretto ve diğerleri,2013). Sodyum trimetafosfatların kaviteleşmemiş lezyonların geri dönmesi üzerine etkili olup olmadığını netleştirmek amacıyla ilave klinik çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

2.10.3.2 Kalsiyum gliserofosfat

Karyostatik özelliğe sahip bu materyalin başarılı etkilerini gözlemleyebilmek için yüksek konsantrasyonda ve sıklıkla uygulanması gerekmektedir. Kalsiyum gliserofosfat, sağlam minenin asit ile çözünmesini azaltmakta ve bu etkisi flor ile kombine kullanımlarda artmaktadır. Mine ile olan etkileşimi, plak pH ını tamponlaması, plaktaki kalsiyum ve fosfat seviyelerinin yükselmesi karyostatik etkisi için mantıklı görünse de plak kütlesindeki küçük azalmaların çürük oluşmasını önlemeye dair önemli etki yapması çok muhtemel olmamakla birlikte, kalsiyum gliserofosfatın bakteri metabolizması üzerine olan etkilerine dair bilgiler kesin sonuçlardan bahsedebilmek için yeterli değildir (Takeshita ve diğerleri,2015).

2.10.3.3 Sodyum hegzametafosfat

2000 yılında diş macunları içinde etkili bir antitartar komponent olarak tanıtılmış bir remineralizasyon materyalidir (Sensabaugh ve Sagel,2009). Polipirofosfat olarak bilinen bu materyalin geniş terapötik ve kozmetik özellikleri mevcuttur. Yüzey lekelerini ve diş taşı oluşumunu baskılama konusundaki güçlü potansiyeli diş minerallerini absorbe edebilmesi ve leke içeren pelikül proteinlerinin çözünmesine bağlıdır (He ve diğerleri,2007). İlave olarak gingivitiste antienflamatuvar etki gösterirken diş hassasiyeti tedavisinde yararlıdır (Sensabaugh ve Sagel,2009).

Sodyum hegzametafosfat negatif yükü ile minenin pozitif taraflarında absorbe edilebilmekte ve bu sayede asidik ve eroziv faktörlere karşı mine yüzeyinde koruyucu tabaka oluşturmaktadır. Oral kavitede remineralizasyon fazında tükürük içindeki çözünmüş pigmentler mineralize olmuş çürük yüzeyindeki henüz yeni oluşmuş mineral faz içine girebilmekte ve bu olay sertleşmiş olan başlangıç mine çürüğünün ‘brown spot’ olarak adlandırılan estetik olmayan görünümüne sebep olmaktadır. Stannöz florid gibi bazı remineralizasyon ürünlerinin diş lekelenmesinde rol oynadığı bilinmektedir. Diğer remineralizasyon ajanları ile sodyum hegzametafosfatın favori özelliklerinin kombinasyonu çürük oluşumu ve yüzey lekelenmelerini önlemeye yardımcı olmaktadır (Mohammadipour ve diğerleri,2019).

2.10.4 Biyomimetik Remineralizasyon Ajanları

Biyomimetik remineralizasyon, doğal mineralizasyon sürecini taklit eden bir yöntemdir. Son yıllarda büyük ilgi gören bu yöntem girişimsel olmayan, iyileştirici bir yaklaşım olup diş dokularını normal biyolojik fonksiyonuna ve estetiğine kavuşturmayı amaçlar (El Moshy ve diğerleri, 2018). Bu remineralizasyon sistemlerinden en umut verici olanları P11-4, nanohidroksiapatitler, polidendrimerler, dentin fosfoprotein 8DDS peptitleri, lösinden zengin amelogenin peptitler ve biyoaktif camdır (Philip, 2019).

2.10.4.1 Polidendrimerler

Poli amido amid (PAMAM) dendrimerler bir dizi reaktif uç grup içeren iyi tanımlanmış boyut ve şekle sahip amelogenin kaynaklı çok dallı polimerlerdir (Chen ve diğerleri,2012). Bu amelogenin kaynaklı dendrimerler, diş minesinin biyomineralizasyonunu düzenlemede organik matrislerin fonksiyonlarını taklit edebildikleri için yapay proteinler olarak

adlandırılırlar. Birçok laboratuvar çalışması ile amfifilik, karboksil ve fosfat uçlu PAMAM dendrimerlerin mine kristal yapılarına katılabildiği, PAMAM organik şablonlarının yarattığı yeni kristallerin, bozulmamış mine ile aynı yapıya, oryantasyona ve mineral faza sahip olduğu kanıtlanmıştır (Chen ve diğerleri,2015; Hsu ve diğerleri,2014). Amolegeninin elde edilmesi, saflaştırılması ve depolanması ile ilgili zorluklardan dolayı sentetik PAMAM dendrimerlerin biyomineralizasyonda amelogenin analogu olarak kullanılabileceği düşünülse de yapılan canlı ortamdaki çalışmalar hayvan deneyleriyle sınırlıdır. Ayrıca, amelogenin gibi, PAMAM aracılı biyoremineralizasyon da zaman alıcı bir işlemdir ancak süreci hızlandırmak ve kristal büyümesini kontrol etmek için lazerlerin kullanılabileceği düşünülmektedir (Sun ve diğerleri,2017).

2.10.4.2 Dentin fosfoprotein 8DDS peptitleri

Dentinde en bol bulunan nonkollagenöz ekstrasellüler matriks komponentidir ve diş mineralizasyonunda kritik rol oynadığı bilinmektedir (Hsu ve diğerleri,2014). İnsan dentin fosfoproteinleri hidroksiapatit formasyonunu destekleyen çok sayıda tekrar eden aspartat-serin-serin (DSS) nükleotid serileri içermektedir. Çalışmalar dentin fosfoproteinlerinin kalsiyum fosfat solüsyonlarında hidroksiapatit kristalleri üretebildiğini gösteriyor (George ve diğerleri,1996; Prasad ve diğerleri,2010). Dentin fosfoprotein peptitleri arasında 8 kere tekrar eden aspartat-serin-serin (8DDS) biyomineralizasyonu destekleyen en aktif peptittir (Yarbrough ve diğerleri,2010).

8DSS peptitleri 2 mineral bağlama yüzeyine sahip olup sadece serbest kalsiyum ve fosfat iyonlarına değil hidroksiapatit yüzeyine de bağlanabilir (George ve diğerleri,1996; Yarbrough ve diğerleri,2010). Mineye bu peptitlerin uygulanması kalsiyum ve fosfat iyonlarının çözünmesini önleyebilirken, solüsyondan bu iyonların yakalanmasını desteklemektedir (Yang ve diğerleri,2014; Chung ve diğerleri,2012). Yüzeyde azalmış pürüzlülük, daha yüksek sertlik ve elastisite modülü gibi önemli derecede gelişmiş özellikler gözlenmiştir (Chung ve diğerleri,2012). Düşük doz flor ile sinerjist etkileşim küçük çocuklarda çürüğün önlenmesinde florozis riskini azaltarak faydalı olabilir. Bu peptitlerin ağızdaki enzimatik aktiviteden kurtulabilmesi mümkün olup olmadığı henüz net olarak bilinmemektedir. Kalsiyumun 8DSS tarafından güçlü bağlanması diş taşı oluşumuna yol açabilir.

2.10.4.3 Nanohidroksiapatit (nHAP):

Hidroksiapatitler (HAP) dental dokuların esas bileşenlerinden olup minede %95, dentinde %75 oranında bulunurlar (Roveri ve diğerleri,2009b). Hidroksiapatitler kemikte de bulunuyor olup, dental dokuların mekanik davranışından sorumludurlar. Hidroksiapatit nanokristalleri hidroksiapatitlerin mükemmel biyolojik özelliklerine (toksik olmayan, düşük inflamatuvar cevap) ilave olarak fizyolojik koşullar altında biyorezorpsiyon özelliğine sahiptirler. Bu materyaller son yıllarda diş hekimliği ve tıp alanında yaygın olarak kabul görmektedir (Tschoppe ve diğerleri,2011). Karbonatlı hidroksiapatit nanokristalleri diş sert dokularına kimyasal olarak bağlanabilir, diş yüzeyindeki çukurcukları doldurur, biyomimetik apatit kaplama oluşturup mine yüzey yapısını korur (Roveri ve diğerleri,2009a). %10'luk nanohidroksiapatit konsantrasyonu erken mine çürüklerinin remineralizasyonu için optimal kabul edilmektedir (Huang ve diğerleri,2009; Najibfard ve diğerleri,2010). Nanohidroksiapatit eroziv mine lezyonlarını remineralize etme potansiyeline de sahiptir (Haghgoo ve diğerleri,2011). Nanohidroksiapatit içeren diş macunları amin florid içerikli diş macunları ile karşılaştırıldığında daha yüksek remineralizasyon etkilerine sahiptir (Tschoppe ve diğerleri,2011). Nanohidroksiapatit içerikli ürünlerin tek sefer bile uygulamasını takiben remineralizasyon solüsyonunda artmış kalsiyum konsantrasyonu gözlenmiştir (Nakashima ve diğerleri,2009).

2.10.4.4 P11-4 Kendinden birleşen peptitler

Demineralize çürük lezyon alanlarında kendiliğinden hidroksiapatit kristal oluşumunu etkinleştiren ve kayıp mine dokusunda yönlendirilmiş mine rejenerasyonunu kolaylaştıran 3 boyutlu matriks oluşturur (Deyhle ve diğerleri,2015; Kang ve diğerleri,2016). Mine matriksinin biyomimetik matriks ile yer değiştirdiği rejeneratif yaklaşım ilerlemiş lezyonların remineralizasyonunu artırır. Kendinden birleşen peptitler mine matriks proteinlerini taklit eder (Kirkham ve diğerleri,2007; Kind ve diğerleri,2017). P11-4 kalsiyum iyonlarına yüksek afinite göstermekte ve kendiliğinden hidroksiapatit oluşumu için nukleatör gibi davranmaktadır (Kirkham ve diğerleri,2007; Kind ve diğerleri,2017; Brunton ve diğerleri,2013; Sousa ve diğerleri,2017). Piyasada Curodont Repair ticari ismi ile bulunmaktadır. Yapay çürük lezyonları üzerinde yapılan deneylere göre P11-4 açıkça demineralizasyon remineralizasyon dengesini değiştirmiştir, Mineral içeriğinde net bir artış görülmüştür. (Kirkham ve diğerleri,2007). Gerekli mineraller tükürükten sağlanmaktadır

(Deyhle ve diğerleri,2015; Kang ve diğerleri,2016; Kind ve diğerleri,2017). Etkinliği; tükürüğün kalitesi özellikle mineral içeriği, pH ve akış oranına bağlıdır (Echele ve diğerleri,2018). Bu remineralizasyon, lezyon gövdesi içinde mikro sertliğin artması şeklinde yansımaktadır. P11-4 tarafından lezyonun 200 µm derinliğine kadar mikrosertliğin artışının indüklendiği görülmüştür. Flor vernik ile tedavi edilen grupta ise lezyonun yalnızca 25µm lik kısmında etki görülmüştür (Takahashi ve diğerleri,2016; Schmidlin ve diğerleri,2016). P11-4 varlığında oluşan hidroksiapatit kristalleri hem daha büyük hem de oluşumları daha hızlıdır (Sousa ve diğerleri,2017). Yapılan çok sayıda laboratuvar ortamındaki ve canlılar üzerindeki çalışmada P11-4' ün düşük immünojen özelliği ile oldukça biyouyumlu olduğu gösterilmiştir.

2.10.4.5 Lösinden zengin amelogenin peptitler

Tam uzunluktaki amelogenine daha düşük maliyet ve daha güvenli olan alternatif sadece 56 aminoasitten oluşan lösinden zengin amelogenin peptitlerdir. Amelogenin proteininin alternatif izoformları arasında 2. en sık bulunandır (Shimokawa ve diğerleri,1989). Ameloblastların salgılama aşamasında izlenmiştir ve amelogenezis boyunca üretildiği görülmüştür (Iacob ve Veis,2008). Dental hücreler üzerinde hem sinyalizasyon hem yapısal özelliklerini sergilemektedir. Laboratuvar ortamında ameloblast veya odontoblastların farklılaşmasını destekleyebilmekte (Tompkins ve Veis,2002; Sarkar ve diğerleri,2014) ve amelogenine benzer şekilde kalsiyum fosfat oluşumunu etkileyebilmektedir (Kwak, ve diğerleri,2009; Beniash ve diğerleri,2005; Kwak ve diğerleri,2014; Wiedemann-Bidlack ve diğerleri,2014). Son zamanlarda yapılan çalışmalarda lösinden zengin amelogenin peptitlerin mine mineralizasyonundaki etkinliğinin fosforilasyon durumuna bağlı olduğuna işaret edilmiştir. Fosforile olmayan formu esas amelogeninin yalnızca N ve C terminallerini içermektedir. Bu alanlar direkt mineral büyümesi ve bağlanmadan sorumludurlar (Le Norcy ve diğerleri,2011). Fosforile formu yeni oluşan kristaller arasında istenmeyen protein çökmesini önleyerek mineral tabakasının şekil boyut ve oryantasyonunu daha iyi düzenleyebilmektedir. Mine lezyonlarının lösinden zengin amelogenin peptitleri ile tedavisini araştıran laboratuvar çalışmaları lezyon derinliğinin azaldığını, minenin biyomimetik rekonstrüksiyonuna izin verdiğini göstermiştir (Kwak ve diğerleri,2017; Prajapati ve diğerleri,2018). Ancak tamir edilen mine tabakasının büyümesinin çok uzun zaman alması dezavantajdır ve canlılar

üzerinde benzer biyomimetik remineralizasyonun gerçekleştiğine dair henüz direkt bir kanıt bulunmamaktadır (Ruan ve Moradian-Oldak,2015).

2.10.4.6 Biyoaktif cam

Dental kullanım için yakın geçmişte geliştirilen biyoaktif cam teknolojisi birçok çalışmada beyaz nokta lezyonlarının remineralizasyonu için uygulanmıştır (Bakry ve diğerleri,2014; Milly ve diğerleri,2015). Bu cam tükürük ile temas ettiğinde apatit formasyonunu indüklemektedir. Bu apatitler ya hidroksiapatit oluşturular ya da cam yapının kimyasal kompozisyonuna flor dahil edildiyse fluoroapatit oluştururlar (Brauer ve diğerleri,2009). Flor içeren camlar düşük pH da artmış remineralizasyon aktivitesine sahiptir (Brauer ve diğerleri,2010). Yapılan çalışmalar biyoaktif camların mine remineralizasyonun indüklenmesinde potansiyel etkisi olduğunu göstermiştir. Minenin mekanik özelliklerini (sertlik) geliştirmiş ve mineral tortuları oluşturarak mine yüzeyinde koruyucu bir tabaka gibi davrandığı gösterilmiştir. Bu koruyucu tabaka kalsiyum ve fosfattan zengin olup, doğal mine hidroksiapatite benzer kristal paterni göstermiştir.

2.10.5 Şeker Alkolleri

2.10.5.1 Xylitol

Xylitol içeren sakızların kullanımı tükürük akış hızını artırır ve tükürüğün koruyucu özelliklerini geliştirir, çünkü uyarılan tükürük içerisinde daha yüksek konsantrasyonlarda bikarbonat ve fosfat bulunmaktadır. Bu durumda plak pH ı artar ve tükürüğün tamponlama kapasitesindeki artış demineralizasyonu önler (Makinen ve diğerleri,2010). Miake ve ark. Xylitol'un, kalsiyum iyonlarının hareketlerini ve erişilebilirliğini kolaylaştırarak derin lezyonlarda da remineralizasyonu indükleyebileceğini gözlemlemişlerdir (Miake ve diğerleri,2003).

2.11 ICON REZİN İNFİLTRANT

Kompozitler ve akışkan rezinlerle karşılaştırıldığında Icon rezin artmış geçirgenlik ve azalmış sertliğe sahiptir. Bozulan yüzey ve yüzey altı mine sertliğini telafi etmek için kullanılabilir ancak kaviteleşmiş çürükler için uygun değildir. Icon rezin öncesi %15 hidroklorik asit ile dekalsifiye alanın yüzey tabakası penetrasyon derinliğine bağlı olarak $58 \pm 37 \mu\text{m}$ kadar kaldırılır (Paris ve diğerleri,2007; Meyer-Lueckel,2007). Bu durum lezyonun gövdesine ulaşmayı sağlayarak rezinin porları kapatmasına izin verir. Resin

aracılığı ile lezyon gövdesi su geçirmez hale gelir ve lezyon içinde bariyer yaratarak asit difüzyonunu durdurmaya yardım etmektedir (Paris ve diğerleri,2010).

Tablo 2.2: Remineralizasyon ajanlarının sınıflandırılması

REMİNERALİZASYON AJANLARI	
REMİNERALİZASYON SİSTEMİ	TİCARİ ÜRÜN
<i>Florür</i>	Duraphat, Enamelast
<i>Biyomimetik sistemler</i>	
Polidendrimerler	Mevcut değil
Dentin fosfoprotein 8DSS peptitleri	Mevcut değil
P11-4	Curodont Repair
Nanohidroksiapatitler	Apagard diş macunu/Desensin ağız gargarası
Lösinden zengin amelogenin peptitler	Mevcut değil
Biyoaktif cam	Bioglass
<i>Kalsiyum fosfat sistemler</i>	
*Stabilize kalsiyum fosfat -Kazein fosfopeptit amorf kalsiyum fosfat	Tooth Mousse/MI Paste Recaldent/Trident White şekerli sakız MI Paste One diş macunu
*Kristalin Kalsiyum fosfatlar -Fonksiyonel β -trikalsiyum fosfat	Clinpro diş macunu
-Kalsiyum sodyum fosfosilikat	Oravive diş macunu

*Stabilize olmayan kalsiyum fosfat -Amorf kalsiyum fosfat	Enamelon diş macunu
<i>Polifosfat sistemler</i>	
Sodyum trimetafosfat Kalsiyum gliserofosfat Sodyum hegzametafosfat	Oral-B expert diş macunu
<i>Şeker Alkolleri</i>	
Xylitol	Xylitol sakız

Tablo 2.2: Remineralizasyon ajanlarının sınıflandırılması (devam)

2.12 YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Yüzey pürüzlülüğü özel bir yüzeydeki düzensizlikleri ifade eder (Oliveira-Junior OB, 2013). Doğrudan gözle değerlendirme ile doku kaybını kesin olarak belirlemek zordur. Doku kaybı belirlense dahi kalan yüzeyin dokusal karakteristikleri kesin olarak tanımlanamaz (Hooper ve diğerleri,2004). Yüzey pürüzlülüğü ölçümünde sıklıkla mekanik profilometreler, optik kohorens tomografi, atomik kuvvet mikroskobu, taramalı elektron mikroskobu, mikroradyografi, quantitative light/ laser-induced fluorescence ve polarize ışık mikroskobu kullanılmaktadır (Değirmenci ve Büyükdere,2016).

2.12.1 Polarize Işık Mikroskopisi: 1967 yılından itibaren ince diş kesitleri üzerinde çürük gelişimini araştırmak üzere kullanılmıştır (Mor ve Rodda,1980). İncelenecek örnek transparan olmalı ve bu teknik yalnızca kırılma indisinde küçük değişiklikler olan örneklerde kullanılmalı. Eğer değişiklik çok büyük ise görüntüde çok karanlık veya parlak alanlar oluşması ile sonuçlanır. Polarize ışık mikroskopisi süt dişlerinde erozyona bağlı yüzey altı kayıpların değerlendirilmesinde başarıyla kullanılmaktadır ancak miktar olarak bir değerlendirme yapılamaz.

2.12.2 Quantitative Light/ Laser-Induced Fluorescence (QLF/LIF): Dişler floresan olarak bilinen bir özelliğe sahiptir. Diş yüzeyine gönderilen ışıklardan belirli dalga

boyundakiler absorbe edilirken absorbe edilenin üzerindeki dalga boyundaki ışıklar yansıtılır. Floresan ışığın yoğunluğundaki değişiklikler ölçülür ve mineral kayıplarında indikatör olarak kullanılır (Jong ve diğerleri,2009). Sistem, hardware (el aleti ve kontrol paneli), bilgisayar ve QLF software dan oluşur (Korkut ve diğerleri,2011). Tarama sonrası, analiz yapılmadan önce operatör lezyon sonuçlarını tanımlamalıdır. Software içindeki araçlar işlemi standardize etmeye yardımcı olurlar. Rapor edilen en önemli sonuç parametreleri; lezyon derinliği, büyüklüğü ve hacmidir. LIF erken mineral kayıplarını araştırmada başarılıdır, hasar vermediği için laboratuvar çalışmalarında veya canlı ortamda yapılan değerlendirmelerde kullanılabilir (Thomas ve diğerleri,2008; Elton ve diğerleri,2009).

2.12.3 Mikroradyografi: 1970'lerin ortasında daha geniş kullanım alanı bulmuştur (Groeneveld ve diğerleri,1974). Yüzeyin büyük görüntüsünü elde edebilmek için düşük enerjili Xray in ince spesimenlere penetrasyonundan yararlanılır. Polarize ışık mikroskopundan farklı olarak mineral kaybı nitel olarak belirtilebilir ve büyük miktarlarda yüzey kayıpları olduğu öngörülen örneklerde de kullanılabilir. Modern kamera ve software sistemler daha popüler olmaya başlasa da mineral kaybı sıklıkla mikrodansitometre ile ölçülür (Ganss ve diğerleri,2009). Polarize ışık mikroskopu gibi yüzey altı demineralizasyonu da değerlendirebilmektedir. Ancak kalan yüzeyin nitelikleri hakkında bilgi sağlamamaktadır.

2.12.4 Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM): Dental sert dokuların rezorpsiyonunu ölçmek için kullanılan ilk tekniklerden biridir ve günümüzde hala yaygın olarak kullanılmaktadır (Boyde ve Lester,1967). Yüzey topografisi ve kompozisyonu hakkında bilgi sağlar. Konvansiyonel SEM kullanımında elektrostatik yük birikimini önlemek için yüzeyin iletken bir madde ile (genelde altın) kaplanması gerekmektedir. SEM ile alan geniş derinlikte gözlenebilmektedir.

2.12.5 Optik Koherens Tomografi: Oldukça güncel bir tekniktir. Near-infra-red ışık kullanılır. Ultrasona benzer bir yolla çalışır ama yüksek frekanslı ses yerine ışık kullanır. Örnek yüzeyine hasar vermeden yüksek derecede kaliteli üç boyutlu görüntü sağlar ve diğer yüzeyaltı tekniklere oranla önemli derecede daha derine penetre olmaktadır. Optik koherens tomografi mine kalınlığını, demineralizasyon seviyesi ile ilişkilendirebileceğimiz ışığı yansıtma ve emilimini değerlendirir (Wilder-Smith ve diğerleri,2009). Çürüğün

derinlik ve ciddiyetini gösterir, kalan yüzeyin dokusal karakteristiklerinin analizine izin vermez.

2.12.6 Atomik Kuvvet Mikroskop (AFM): Mikroskopun yüksek çözünürlüklü formudur. Minedeki erozyonu değerlendirmek için kullanılmaktadır ve mine demineralizasyonunun erken aşamalarının ölçümü için uygun bir araç olduğu kanıtlanmıştır (Finke ve diğerleri,2000; Marshall ve diğerleri,2001).

2.12.7 Yüzey Profilometresi: Lazer profilometre veya stylus profilometre kullanılarak yüzey ölçümleri yapılabilir. Lazer direkt olarak yüzeye dokunmaz. Yüzey topografisini lazer ışını defleksiyonu veya konfokal prensip kullanarak ortaya çıkartır (McBride ve Maul,2004). Sonuçlar renk ve translusensiden etkilenmektedir. Bu nedenle yüzeydeki translusensiyi azaltmak için polivinil siloksan ile ölçü alınıp sonradan lazer profilometre ile tarama gerekmektedir. Eğer ölçü materyali lazer ile aynı dalga boyundaki rengi absorbe ediyorsa yüzey taraması yapılamaz (DeLong ve diğerleri,2001).

2.13 MİKROSERTLİK DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Sertlik, bir malzemenin sürtünme, aşınma, çizilme ya da deformasyona karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır. Sabit bir kuvvet ile malzeme üzerinde deformasyon oluşturan statik sertlik ölçme yöntemleri, birbirine yakın sonuçlar vermesi ve test süresinin kısa olması nedeniyle tercih edilirler (Ensari ve diğerleri,1990; Aydemir,2003). Bunun dışında dinamik ve portatif sertlik ölçme yöntemleri de mevcuttur.

2.13.1 Rockwell

Rockwell sertlik değeri, koni ya da küre biçiminde bir ucun belli bir yük altında bir malzeme

üzerinde oluşturduğu izin derinliğinden yararlanarak ölçülen sertlik değeridir (Milli Eğitim Bakanlığı,2011). Rockwell sertlik ölçme yönteminde, tepe açısı 120° olan elmas batıcı uç ya da çelik bilya ile sertliği ölçülecek malzeme üzerine 3 kg ya da 10 kg kuvvetteki bir ön yükleme kuvveti uygulandıktan sonra sertlik skalası sıfırlanır. Bu kuvvetin üzerine alt metotlara göre değişen ilave kuvvet değeri uygulanarak malzeme üzerinde plastik deformasyon oluşması için bir süre beklenir (2-6 sn) ve ilave kuvvet değeri kaldırılır. Uzun

son bulunduğu yükseklik ile sertlik skalasının sıfırlandığı yükseklik arasındaki farktan malzemenin sertlik değeri belirlenir (TS EN ISO 6506,2007).

2.13.2 Brinell

Brinell sertlik ölçme yönteminde, batıcı uç olarak 4 farklı çaplarda (1mm- 2,5mm- 5mm- 10mm) çelik bilyalar kullanılır. Standart yöntemde tanımlanan 20 farklı kuvvet değerinden uygun olarak belirlenen değer ile batıcı uç, sertliği ölçülecek malzeme üzerine bastırılır (10-15sn) ve iz oluşturulur. Daha sonra mikroskop yardımı ile büyütülen izin çap değerinden malzemenin sertlik değeri belirlenir (TS EN ISO 6507,2007).

2.13.3 Vickers, Knoop

Tepe açısı 136° olan, tabanı kare piramit elmas uç, Vickers sertlik ölçme yönteminde batıcı uç olarak kullanılır. Uygulanacak kuvvet değerine göre, Vickers (5kg-100kg), düşük kuvvet Vickers (0,2kg-5kg) ve mikrosertlik (0,01kg-0,2kg) olarak isimler alır. Standartta göre tanımlanan 18 farklı kuvvet değerinden ölçüm yapılabilir (Kunert,2000). Sertlik ölçümü Brinell yönteminde olduğu gibi seçilen kuvvet değerinde batıcı uç, sertliği ölçülecek malzeme üzerine bastırılır (10-15sn) ve iz oluşturulur. Daha sonra mikroskop yardımı ile büyütülen izin köşegen değerinden malzemenin sertlik değeri belirlenir. Vickers sertlik ölçme yöntemi HV kısaltması ile uygulanan kuvvet değerinin kg biriminden değerinin yanına yazılması ile gösterilir (örn. HV 10).

Knoop sertlik ölçme yönteminde, Vickers yönteminden farklı olarak, tabanı eşkenar dörtgen piramit elmas uç kullanılır. Sertlik ölçümü Vickers yöntemiyle aynıdır. Uygulanacak kuvvet değerleri (0,01kg-2kg) standartta 10 farklı şekilde tanımlanmıştır. Vickers yöntemine benzer gösterim şekli olup farklı olarak Knoop yönteminin kısaltması HK'dır (Kunert,2000).

2.13.4 Aletli İz (Martens sertliği)

Martens sertliği ölçme yöntemi en son geliştirilmiş olan yöntemdir. Bu yöntemde sertlik değerine, batıcı uç sertliği ölçülecek malzeme üzerine kuvvet uygularken ve boşaltırken

kuvvet ile yer değişim değerlerinin grafiğinden karar verilir (TS EN ISO 14577,2005). Diğer yöntemlerden farklılığı, kuvvet uygulandığı anda sertlik ölçümünün gerçekleştirilmesidir. Bu sayede, kullanıcı plastik ve elastik deformasyon sırasında yük ve yer değiştirmeyi birlikte dikkate alarak malzemelerin batıcı uç izini değerlendirebilmektedir (TS EN ISO 6506,2007). İz modülü ve elastoplastik sertlik gibi malzemenin ilâve özellikleri de tayin edilebilir. Bütün bu değerler izin optik olarak ölçülmesine gerek olmadan hesaplanabilir. Martens sertliği yönteminde standarda göre tanımlanmış bir kuvvet değeri yoktur. Yalnız, standartta kuvvet ve yer değiştirme miktarlarına göre uygulama aralıkları tanımlanmıştır (Aydemir,2009). Batıcı uç olarak Vickers, Berkovich ve bilya uçlar kullanılabilir. Martens sertliği yöntemi için ise TS EN ISO 14577 standardı kullanılmaktadır (Aydemir,2009).



3. MATERİYAL VE METOD

Bu tez çalışması, Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalında gerçekleştirilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü değerlendirmesi amacıyla SEM ve AFM incelemeleri Yıldız Teknik Üniversitesi Bilim Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde yapılmıştır. Örneklerin mikrosertlik incelemeleri ise İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır. Tez çalışmasının gerçekleştirilebilmesi için Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 17.06.2021 tarihli ve 2021/60 numaralı etik kurul onayı alınmıştır.

3.1 ÖRNEKLERİNİN TOPLANMASI VE HAZIRLANMASI

Örnek literatür çalışmalarına bakıldığında %80 güç ve yanılma olasılığı $\alpha=0,05$ alındığında mikrosertlik değerlendirmesi amacıyla çalışmaya minimum 76 adet yüzey dahil edilmesi gerektiği hesaplanmıştır (G*Power software version 3.1 Germany). Olası örnek kayıpları da dikkate alındığında mikrosertlik için çalışmaya 80 yüzey dahil edilmesi planlanmış olup, SEM ve AFM incelemeleri için de 8 adet diş gerekli olduğundan küçük azı, büyük azı veya kesici diş olarak ayırt etmeksizin toplamda 48 adet diş çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmada Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı'nda erişkin bireylerden ortodontik, periodontal amaçlı veya gömük olduğu için çekilen dişler kullanılmıştır. Diş çekimi gerçekleştirilen tüm bireyler üniversitemizin diş çekimi için aydınlatılmış onam formunu imzalamışlardır. Çatlak, kırık, ara yüzde çürük veya dolgu içeren dişler çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışmada kullanılacak her bir diş organik artıkların uzaklaştırılması için polisaj fırçası ve pat aracılığıyla temizlenmiştir. Dişler deney süresine kadar iyonlarından arındırılmış suda bekletilmiştir.

3.2 STRİPPİNG YAPILMASI VE REMİNERALİZASYON AJANI UYGULANMASI

Çalışmada kullanılacak tüm dişler tek tek kare/dikdörtgen kalıpların içine yerleştirilen A tipi silikon içerisine kole hizasına kadar gömülmüştür. Silikon içerisine gömülerek sabitlenen dişlerin mezial ve distal yüzeylerine crosscut tungsten karbid frez (KOM H33L 314 009) ile ara yüz mine aşındırması işlemi uygulanmıştır. İşlemin standardizasyonu

açısından ara yüz mine aşındırması tek bir araştırmacı tarafından uygulanıp, her bir dişin hem mezial hem distal yüzeyi 10 kere ileri geri frez hareketi yapılarak aşındırılmıştır. Ara yüz mine aşındırması sonrası yüzey düzeltme açısından elmas frez, (KOM 859UF 314 014) ardından Sof-Lex disk (3M ESPE) uygulaması yapılmıştır. Tüm dişlere yapılan bu uygulamaların ardından dişler rastgele 4 gruba ayrılmıştır. Kontrol grubu olarak belirlenen gruba herhangi bir remineralizasyon ajanı uygulanmamıştır. İkinci grup olarak belirlenen dişlere Icon rezin infiltrant (DMG,Almanya), üçüncü grup olarak belirlenen dişlere NaF içerikli Enamelast (Ultradent,USA), dördüncü grup olarak belirlenen dişlere P11-4 içerikli Curodont Repair (Credentis,İsviçre) uygulaması yapılmıştır. Her bir remineralizasyon ajanı firma önerileri doğrultusunda uygulanmıştır.



Şekil 3.1: Silikon kalıba gömülmüş diş örneği



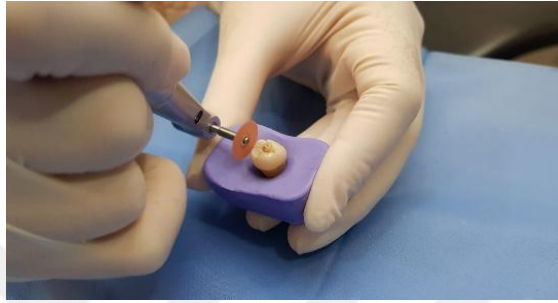
Şekil 3.2: Sof-Lex disk (3M ESPE), elmas frez (KOM 859UF 314 014), crosscut tungsten karbid frez (KOM H33L 314 009)



Şekil 3.3: Crosscut tungsten karbit frez ile
ara yüz mine aşındırması yapılması



Şekil 3.4: Elmas frez ile yüzey düzeltimi



Şekil 3.5: Sof-Lex disk ile polisaj yapılması

3.3 ICON REZİN İNFİLRANT UYGULAMA PROSEDÜRÜ

Icon rezin infiltrant grubunda üretici firmanın önerileri doğrultusunda Icon Etch uygulanıp 2 dakika bekleme süresinin ardından 30 saniye boyunca su ile yıkanıp hava ile kurutulmuştur. Sonraki aşamada Icon Dry uygulanıp 30 saniye beklenmiş ve tekrar hava ile kurutma yapılmıştır. Nihai olarak Icon Infiltrant uygulanıp en az 3 dakika beklenmiştir. Hava spreyi ile yüzeyde dağılması sağlandıktan sonra, 385–515 nm arasında yüksek şiddetli ışık üreten VALO Cordless LED ışık cihazı (Ultradent,Amerika) ile 40 saniye ışık verilmiştir. Aplikatör ucu takarak Icon infiltrant uygulaması 1 dakika yüzeyde bekletilerek yenilenmiştir. Fazlalıklar uzaklaştırılarak 40 saniye ışık verilmiş ve yüzey cilalanmıştır. Daha sonra örnekler deiyonize suda 1 ay bekletilmiştir.



Şekil 3.6: Icon rezin infiltrant



Şekil 3.7: Icon Etch uygulaması



Şekil 3.8: Etch yıkanması ve kurutulması



Şekil 3.9: Icon Dry uygulaması



Şekil 3.10: Icon Resin İnfiltrant



Şekil 3.11: Icon'un ışık ile polimerizasyonu

3.4 NaF UYGULAMA PROSEDÜRÜ

NaF içerikli ajan olarak Enamelast (Ultradent, USA) vernik kullanılmıştır. Diş yüzeyi hafifçe kurutularak, şırıngaya takılan SoftEZ uygulama ucu ile ince düz bir tabaka olarak uygulanmıştır. Ürün su/tükürük ile sertleşen özellikte olduğu için uygulama sonrası iyonlarından arındırılmış suya konularak 1 ay bekletilmiştir.



Şekil 3.12: Enamelast



Şekil 3.13: Enamelast'ın diş yüzeyine uygulanması

3.5 P11-4 UYGULAMA PROSEDÜRÜ

P11-4 Curodont Repair (Credentis,İsviçre) grubunda her bir diş örneğine %2'lik sodyumhipoklorid uygulanarak 20 saniye boyunca pelikül uzaklaştırılmıştır. Sonrasında 20 saniye boyunca uygulanan %35'lik ortofosforik asit ile de inorganik kalıntıların uzaklaşması sağlanmıştır.



Şekil 3.14: Curodont Repair



Şekil 3.15: %2 sodyumhipoklorid ile diş yüzeyinin silinmesi



Şekil 3.16: %35 Ortofosforik asit uygulanması



Şekil 3.17: Asitin su ile yıkanması ve dişin kurutulması



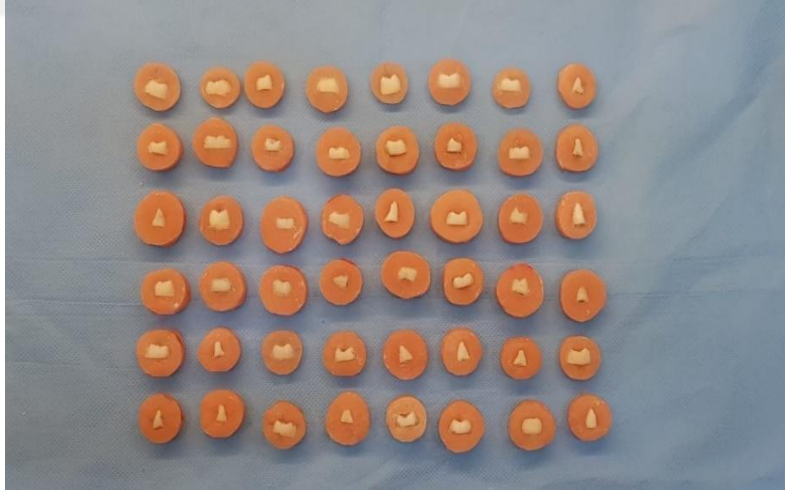
Şekil 3.18: Curodont Repair uygulanması

Diş yüzeyi su ile yıkanarak 10 saniye hava kurutması yapılmıştır. Ardından aktive edilen Curodont Repair diş yüzeyine uygulanarak 5 dakika boyunca solüsyonun dağılımı için beklenmiştir. Sonrasında diğer örnekler gibi 1 ay boyunca iyonlarından arındırılmış su içerisinde saklanmıştır. Remineralizasyon ajanlarının uygulanmasının ardından her bir grup ayrı kaba konularak 30 gün boyunca iyonlarından arısuda bekletilmiştir. Bekleme

süresinin ardından mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü incelemelerinin yapılması için dişler disk yardımıyla önce kuron kök birleşim yerinden ayrılmış ardından kuron kısmı bukkolingual yönde ikiye bölünerek elde edilen örnekler hazırlanan yuvarlak kalıplar içine konulan akrilik içerisine gömülmüştür.

3.6 ÖRNEKLERİN MİKROSERTLİK ÖLÇÜMLERİ

Bu çalışmada, akrilik kalıba gömülmüş 80 adet diş örneği remineralizasyon ajanlarının mikrosertliğe olan etkilerini araştırmak amacıyla İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarına gönderilmiştir. İncelemede TTS HWMMT-X3 (Matsuzawa, Japonya) cihazı ve Vickers yöntemi kullanılmıştır. Her bir ölçümde 10 saniye boyunca 50 gram kuvvet uygulanmıştır. Batıcı uç olarak kare kesitli ve tepe açısı 136° olan elmas piramit bir uç kullanılan bu yöntemde Vickers sertlik değeri, kg olarak ifade edilen deney yükünün (mm^2) olarak ifade edilen iz alanına bölümü ile hesaplanmıştır. Dişin insizal/okluzal üçlü, orta üçlü ve kole bölgelerindeki mine kalınlıkları farklı olduğundan dolayı her bir diş yüzeyinin 3 noktasından ölçüm yapılmıştır. İstatistik hesaplamada bir dişe ait mikrosertlik değeri belirlenirken bu 3 ölçümün ortalaması alınmıştır.



Şekil 3.19: İkiye ayrıldıktan sonra akrilik kalıba gömülen diş örnekleri



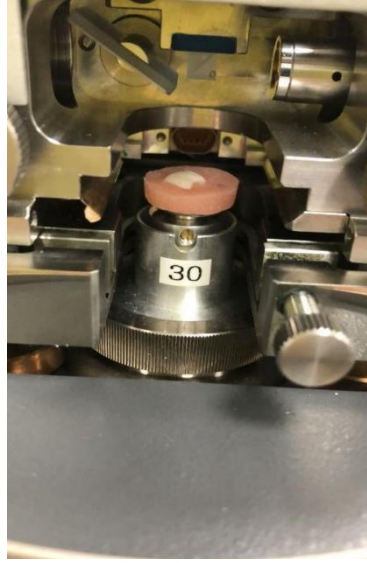
Şekil 3.20: Örneklerin mikrosertliklerinin değerlendirilmesi

3.7 ÖRNEKLERİN AFM CİHAZIYLA İNCELENMESİ

Her bir gruptan 2 şer adet olmak üzere toplamda 8 adet dış örneği yüzey pürüzlülüğü bakımından araştırılmak üzere Yıldız Teknik Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarı'na gönderilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün nicel ölçümü Scanning Probe Microscope SPM-9600 (Shimadzu, Japonya) AFM cihazı kullanılarak temassız modda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.21: Örneklerin temassız modda AFM cihazıyla incelenmesi



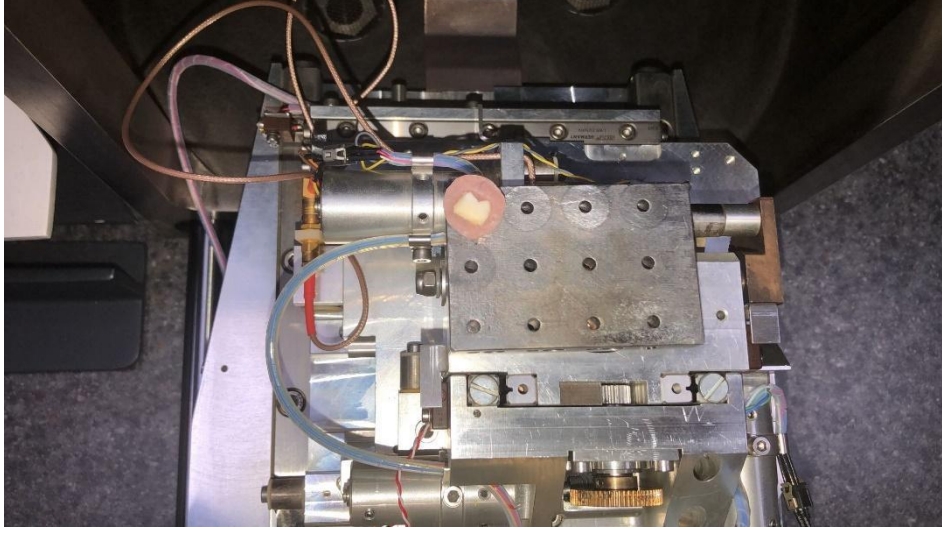
Şekil 3.22: AFM cihazıyla diş örneğinin incelenmesi

3.8 ÖRNEKLERİN SEM CİHAZI İLE İNCELENMESİ

Bu çalışmada her bir gruptan seçilen 2 örnek üzerinde yüzey pürüzlülüğü inceleme amaçlı yapılan AFM incelemesinin yanı sıra, yine aynı gruplardan 2 şer örnek seçilerek SEM ile yüzey pürüzlülüğü değerlendirmesi yapılmıştır. Burada amaç AFM ile elde edilen verileri destekleyici görsel sunmaktır. SEM incelemeleri Yıldız Teknik Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarında EVO LS 10 (Zeiss, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yüzey incelemesinde 20.000 büyütme oranı uygulanmıştır.



Şekil 3.23: Yüzey pürüzlülüğü incelemesinde kullanılan SEM cihazı



Şekil 3.24: Örneğin SEM cihazına yerleştirilmesi

4. İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME

İstatistiksel değerlendirme, IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0 istatistik programı ile yapılmıştır. Ölçülebilen verilerin normal dağılıma uygunlukları çarpıklık, basıklık ve Shapiro Wilk testleri ile kontrol edilmiştir. Örneklem normal olmayan bir dağılım gösterdiğinden parametrik olmayan testler uygulanmıştır. Gruplar arası kıyaslamalarda Kruskal Wallis varyans analizi, ikili karşılaştırmalar için ise Mann Whitney U testi kullanılmıştır.

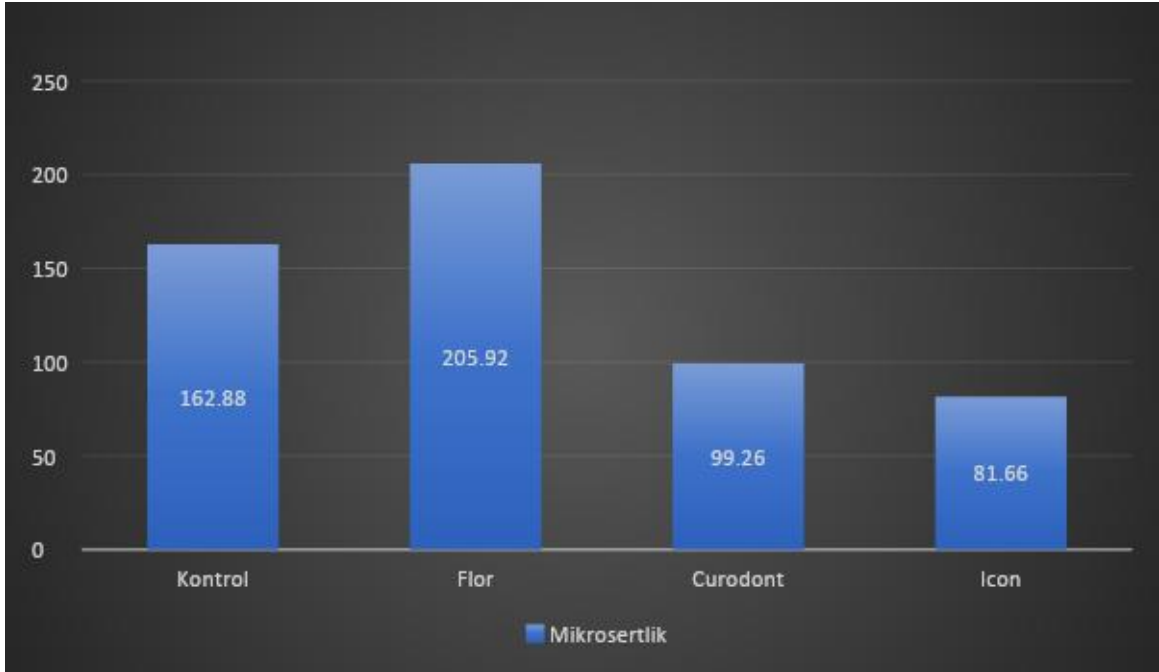
Tanımlayıcı istatistikler olarak Median (Min-Max) değerleri ve aritmetik ortalama $\pm$ standart sapma verilmiştir. Tüm istatistikler için anlamlılık sınırı $p < 0,05$ olarak alınmıştır.



5. BULGULAR

5.1 MİKROSERTLİK BULGULARI

Kontrol grubuna ve çeşitli remineralizasyon ajanları uygulanan deney gruplarına ait yüzey mikrosertlik değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Dişin plastik deformasyona direncini ifade eden mikrosertlik değerleri bakımından kıyaslandığında çalışma sonucunda çeşitli ajanlar uygulanan mine yüzeyleri ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmüştür.



Ortalamalara bakıldığında en yüksek mikrosertlik değerleri flor uygulanan grupta ($205,92 \pm 58,90$) gözlenmiştir. Flor uygulanan grubun mikrosertlik değerleri kontrol grubundan ($p=0,015$), Curodont grubundan ($p=0,00$) ve Icon grubundan ($p=0,00$) istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksektir.

Curodont uygulanan mine yüzeylerinin mikrosertlikleri kontrol ($p=0,00$) ve flor grubundan ($p=0,00$) istatistiksel olarak anlamlı derecede düşüktür. Curodont uygulanan grubun mikrosertlik değerleri Icon uygulanan gruptan yüksek olsa da aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p=0,068$).

Tablo 5.1: Çeşitli grupların mikrosertlik değerleri

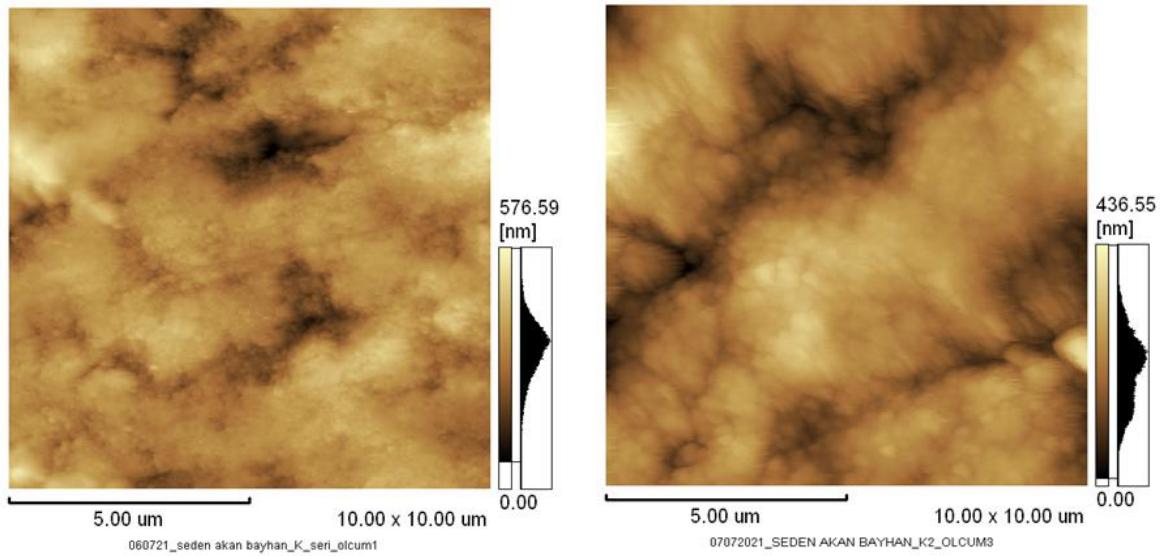
Kruskal Wallis, * $p < 0,05$, Farklı büyük harfler gruplar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Gruplar	Mikrosertlik değerleri		p^*
	Mean $\pm$ SD	Median (Min-Max)	
Kontrol Grubu	162,88 $\pm$ 43,11 ^A	165,19 (92,3-235,3) ^A	$p < 0,05^*$
Flor	205,92 $\pm$ 58,90 ^B	184,70 (131,4-359,5) ^B	
Curodont	99,26 $\pm$ 32,69 ^C	104,65 (38,7-153,1) ^C	
Icon	81,66 $\pm$ 43,48 ^C	74,05 (30,3-178,9) ^C	

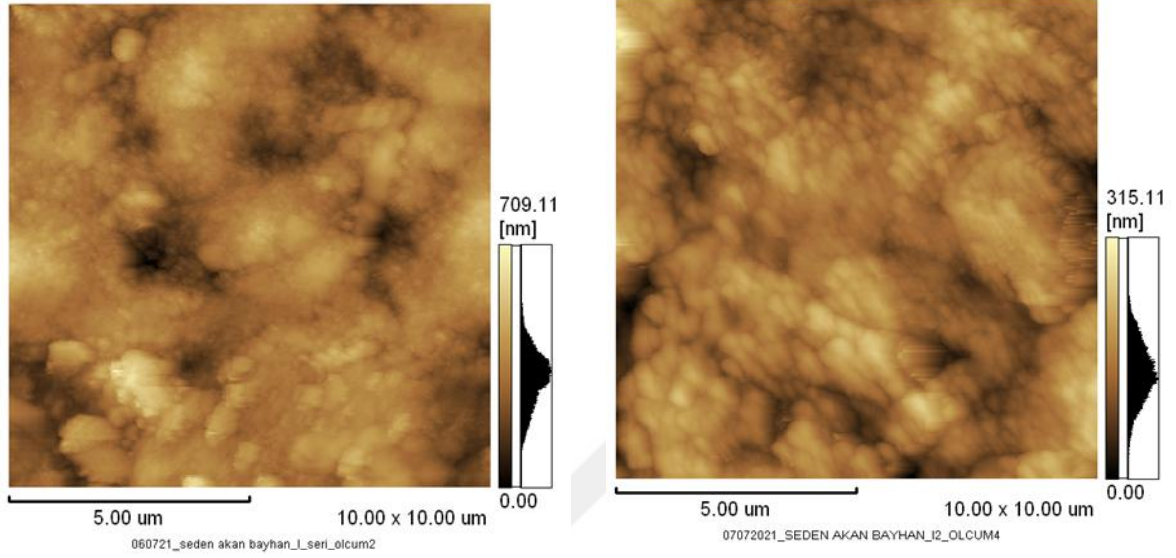
En düşük mikrosertlik değerleri ise Icon uygulanan gruptan (81,66 $\pm$ 43,48) elde edilmiştir. Icon grubunun mikrosertlik değerleri kontrol ($p=0,00$) ve flor uygulanan gruptan ($p=0,00$) istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olmasına rağmen, Curodont uygulanan grupla arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark mevcut değildir. (Tablo 3)

5.2 AFM BULGULARI

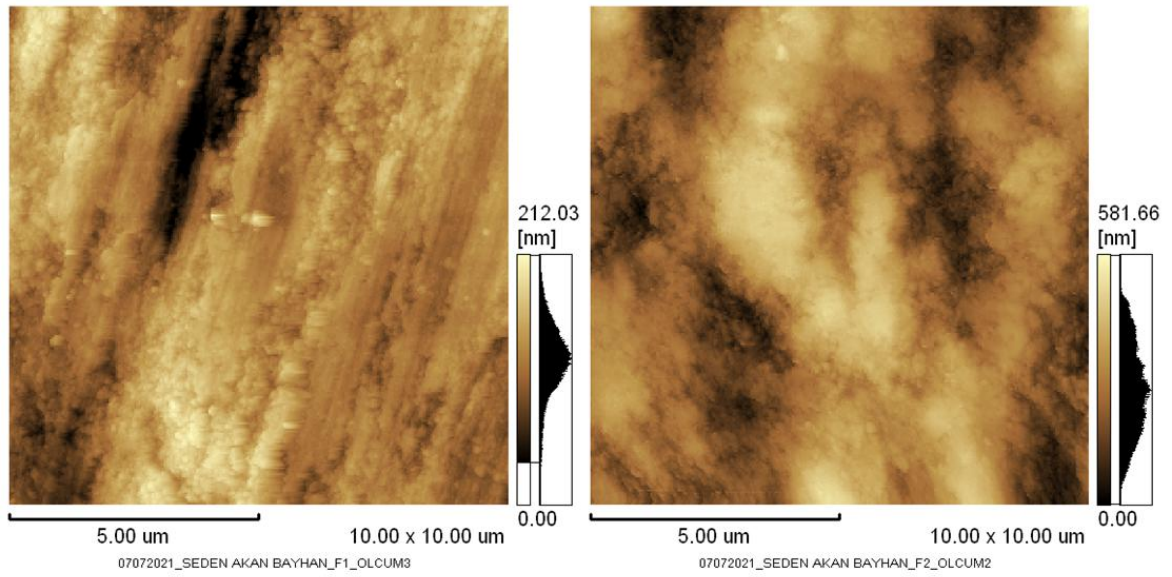
Çalışma kapsamında her gruptan 2 adet örnek üzerinde AFM ile yüzey pürüzlülüğü değerlendirilmiştir. Yapılmış olup, elde edilen görüntüler Şekil 14,15,16 ve 17’de gösterilmiştir.



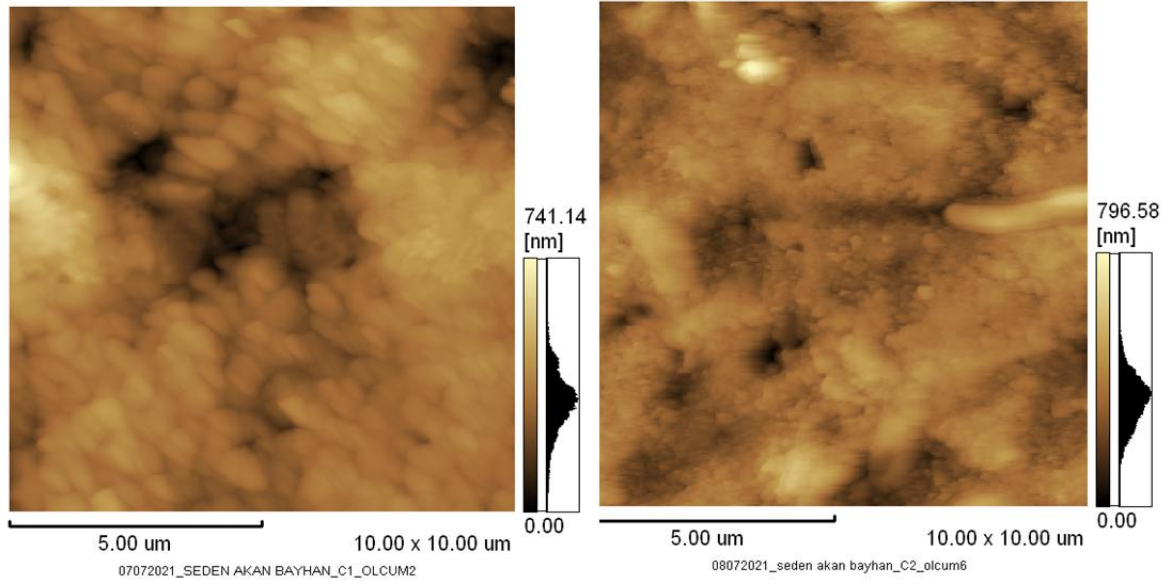
Şekil 5.1: Kontrol grubu AFM görüntüleri



Şekil 5.2: Icon grubu AFM görüntüleri



Şekil 5.3: Flor grubu AFM görüntüleri



Şekil 5.4: Curodont grubu AFM görüntüleri

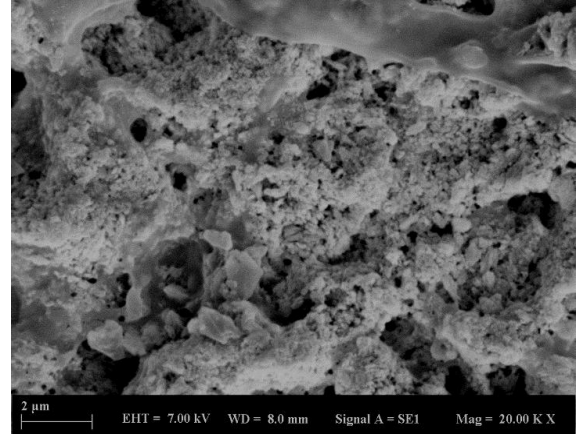
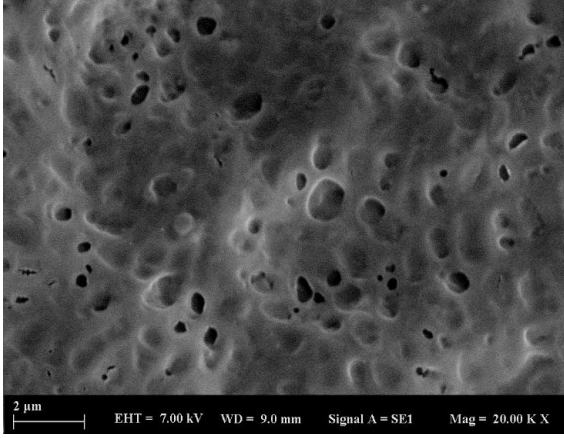
Kontrol grubunun yüzey pürüzlülük değerlerinin ortalaması 507,57 nm, Icon grubunun ise 512,11 nm'dir. En yüksek yüzey pürüzlülük değerlerini Curodont grubu göstermiş olup, ortalaması 770,135 nm'dir. En düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri ise flor uygulanan grupta elde edilmiştir ve bu grubun ortalama pürüzlülük değeri 396,855 nm'dir. Icon uygulandıktan sonra ölçülen yüzey pürüzlülüğü kontrol grubuyla benzerdir. Ancak Curodont grubu kontrol grubuna göre daha yüksek yüzey pürüzlülük değerleri gösterirken, flor grubu ise kontrol grubuna göre daha düşük yüzey pürüzlülük değerleri göstermiştir.

Tablo 5.2: Grupların yüzey pürüzlülük değerleri

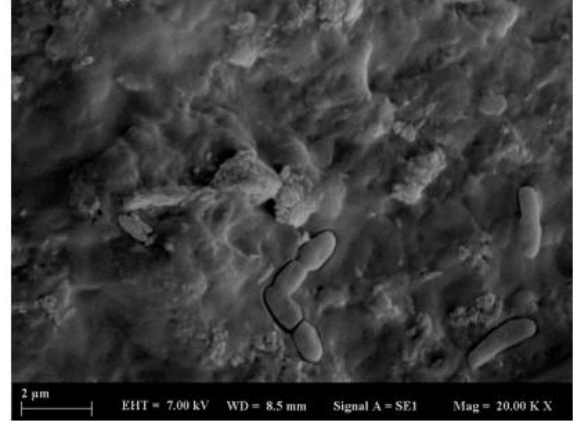
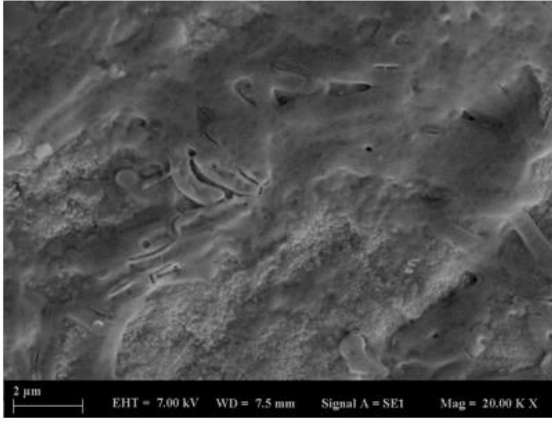
GRUPLAR	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK DEĞERLERİ		ORTALAMA
	1. ÖRNEK	2. ÖRNEK	
Kontrol	576,59 nm	436,55 nm	507,570 nm
Enamelast	212,03 nm	581,66 nm	396,855 nm
Curodont repair	741,14 nm	796,58 nm	770,135 nm
Icon	709,11 nm	315,11 nm	512,110 nm

5.3 SEM BULGULARI

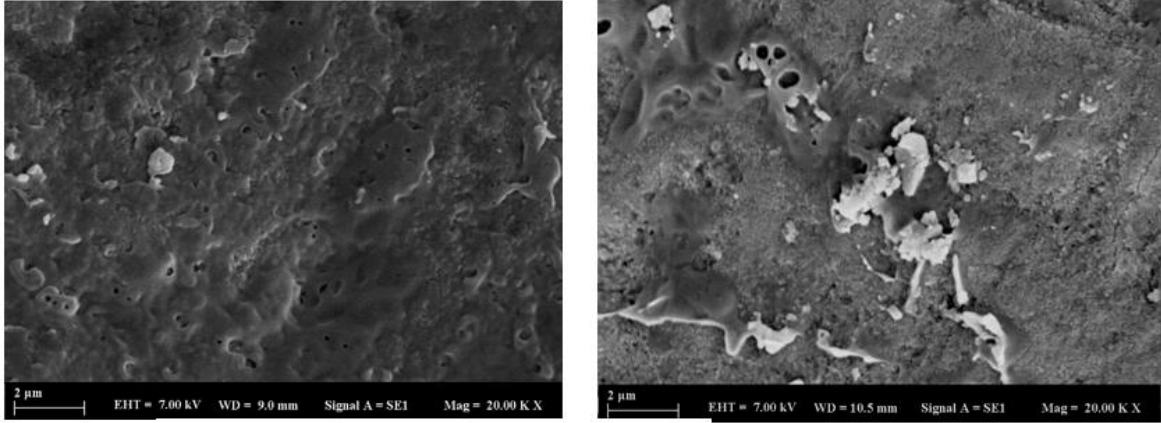
Çalışma kapsamında her gruptan 2 adet örnek 20.000 büyütme altında SEM ile incelenmiş ve elde edilen görüntüler Şekil 18,19,20 ve 21'de gösterilmiştir.



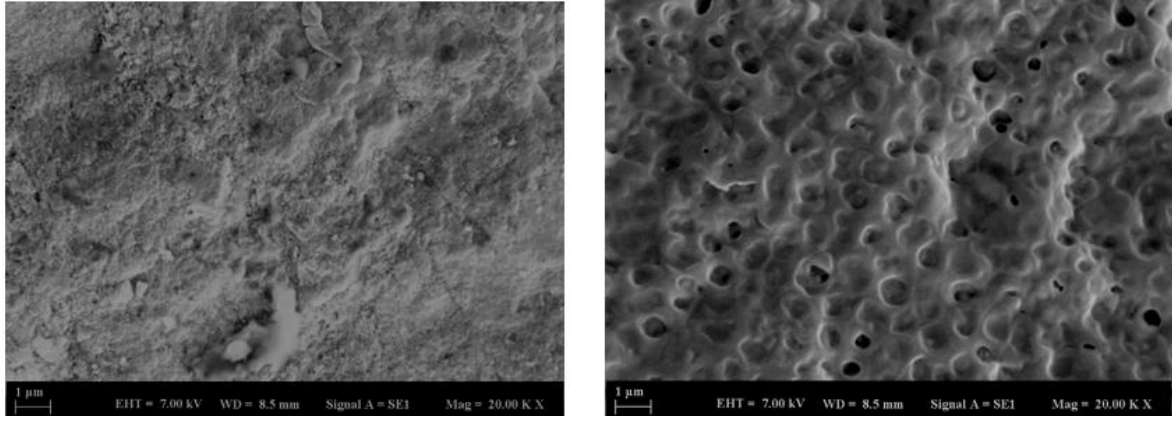
Şekil 5.5: Curodont grubu SEM görüntüleri



Şekil 5.6: Flor grubu SEM görüntüleri



Şekil 5.7: Icon grubu SEM görüntüleri



Şekil 5.8: Kontrol grubu SEM görüntüleri

Kontrol grubunda yer yer açık dentin tübülleri görülmektedirken, flor uygulanan grupta kontrol grubuna göre daha düzgün bir yüzey olduğu gözlenmiştir. En çok açık dentin tübülü Curodont ve kontrol grubunda gözlenmektedir. Pürüzlülük değerleriyle orantılı bir şekilde en düzensiz yüzey Curodont grubu ardından Icon grubunda gözlenmektedir. Bu grupları kontrol grubu takip etmekteyken, flor uygulanan grubun yüzeyi diğer gruplara göre belirgin bir şekilde daha düzgündü.

6. TARTIŞMA

Yer kazanmaya yönelik işlemler ortodontide büyük önem arz etmektedir. Çekim, molar distalizasyonu, keser proklinasyonu veya genişletme tedavileri yer elde etmek için kullanılan yöntemlerden olup; ara yüz aşındırması çekimsiz tedavi edilecek olan hafif/orta çapraşıklık olgularında alternatif bir yer kazanma yöntemidir. Ara yüz aşındırması ilave olarak diş boyut uyumsuzluklarında, tedavi ile elde edilen alt keser hizalamasının uzun dönem korunmasında ve birçok ortodontik problemten dolayı dişin yeniden konturlanması gerektiğinde uygulanmaktadır. Tüm bu gereksinimler doğrultusunda yapılan işlem doğru uygulanmadığında veya ilave önlemler alınmadığında iatrojenik hasara sebep olabilir (Koretsi ve diğerleri,2014). Ara yüz mine aşındırması işlemi mine dış tabakasının eliminasyonu ile perikimata dalgalarının yok olmasına yol açmakta, derin oluk ve çiziklerle yüzey düzensizliğinde artışa sebep olmaktadır. Artan yüzey pürüzlülüğü sonucunda bakteriyel plak için retansiyon alanları oluşmakta ve çürük olasılığı artabilmektedir (Zachrisson ve diğerleri,2011,2007). Dişte meydana gelen yapısal değişikliklerin yanı sıra mineral kompozisyonunda da değişiklikler meydana gelmektedir. Bu sebeplerden dolayı ara yüz aşındırma işleminde yüzeyde daha az pürüzlülük oluşturacak enstrümanlara ve demineralize olan mine yüzeyindeki mineral kaybını telafi edecek remineralizasyon ajanlarına yönelik yapılan çalışmalar oldukça büyük bir önem arz etmektedir.

Tungsten karbid/elmas frez ve elmas kaplı striplerle yapılan ARS tekniği, elmas kaplı diskler ve aşındırıcı metal stripler günümüzün 3 esas ara yüz aşındırma teknikleridir (Sehgal ve diğerleri,2019). Danesh ve ark. agresif striplerin ve frezlerin cilalama ile etkili bir pürüzsüzlük elde edilemeyecek kadar düzensiz yüzeyler oluşturduğu, otomatik salınlımlı sistemler ile en iyi sonuçların elde edildiğini belirtmişlerdir (Danesh ve diğerleri,2007,2020). Harish ve ark.ları ise ARS tekniğinin diğer mekanik ara yüz mine aşındırması tekniklerine göre istatistiksel olarak önemli derecede daha pürüzlü yüzey oluşturduğunu belirtirken Chudasama ve ark. da ARS tekniğinin posteriorda kullanışsız ve zahmetli olduğunu, posteriorda dil ve yanakların yakın olmasından dolayı disklerin potansiyel olarak zarar verme ihtimaline sahip olduğunu gözlemlemişlerdir (Harish ve diğerleri,2020; Chudasama ve Sheridan,2007). Bhambri ve ark. farklı ara yüz mine aşındırması tekniklerinin mine üzerinde etkilerini incelemek amacıyla 1 kontrol olmak

üzere 7 grup oluşturmuşlardır (Bhambri ve diğerleri,2017). Çalışmada yapılan SEM incelemesine göre en pürüzsüz yüzey elmas kaplı metal strip (30 µm) ile ara yüz mine aşındırması sonrasında Sof-Lex diskler ile cila yönteminin uygulanması sonucunda elde edilmiştir. Elmas disklerin aşındırıcı partikül boyutları daha büyük olduğu için elmas kaplı metal strip ile daha pürüzsüz yüzey elde edilebildiği, tungsten karbid frez yüksek devirli aletle uygulandığı için cilalama ile giderilemeyecek derin yarıklar oluşturduğu, metal striplerle yapılan ara yüz mine aşındırmasının daha kontrollü olduğu sonucuna varılmıştır. Gazzani ve ark. ise yaptıkları çalışmada mekanik IPR yönteminin (oscillating elmas stripler) perfore strip yapısı ve su soğutması ile mine debrisinin uzaklaşmasını kolaylaştırdığını, el ile uygulanan IPR yöntemlerine göre daha düzenli mine yüzeyi elde edildiğini vurgulamışlardır (Gazzani ve diğerleri,2019). Kaaouara Y ve ark. da yaptıkları çalışmada aynı sonuca ulaşmışlardır (Kaaouara ve diğerleri,2019). Ancak el ile uygulanan strip yöntemleri daha çok ön bölgede, rotasyon varlığında ve yeniden konturlama işlemlerinde endike olmakla birlikte; pratik olmaması, özellikle arka dişlerde zaman alıcı olması dezavantajlarını taşımaktadır. El ile uygulanan yöntemlerin dezavantajları göz önünde bulundurularak ve mekanik yöntemlerin daha pratik olmasından dolayı bu çalışmada ara yüz aşındırması için el ile uygulanan yöntem tercih edilmemiştir. Arman ve ark. da yaptıkları çalışmada Bambri ve ark. ile benzer sonuca ulaşmışlardır (Arman ve diğerleri,2010). Yazarlar tungsten karbid sonrası Sof-Lex uygulamasının ara yüz aşındırması ile oluşan mine yüzeyindeki olukları yumuşattığı fakat tamamen elimine edemediğini belirtmişlerdir. Tungsten karbid sonrası elmas frez ile cila yapıldığında pürüzsüz yüzey elde etmekten ziyade yeni oluklar oluştuğu görülmüştür. Çalışmanın genelinden elde edilen bir diğer sonuç ise ara yüz mine aşındırması sonrası Sof-Lex disk kullanımı ile daha pürüzsüz mine yüzeyi elde edilebileceğidir. Zhong ve ark. Sof-Lex diskler ile cilalanan minenin işlem görmemiş mineden daha pürüzsüz olduğunu belirtmişlerdir (Zhong ve diğerleri,1999). Benzer bulgular Piacentini ve ark. tarafından yapılan çalışmada da elde edilmiştir. Piacentini ve ark. ara yüz mine aşındırması için tungsten karbid frez, cila için Sof-Lex disk kullanımı ile başarılı sonuç elde edilebileceği sonucuna varmışlardır (Piacentini ve Sfondrini,1996). Bu tez çalışmasında da kontrol grubu olarak belirlenen gruba crosscut tungsten karbid sonrası elmas frezle yüzey düzeltimi ve Sof-Lex cila uygulaması sonucunda Curodont ve Icon uygulanan gruplara göre daha az yüzey pürüzlülüğü ve daha yüksek mikrosertlik değerleri elde edilmiştir.

Baysal ve ark. ara yüz mine aşındırması yöntemlerini pulpada meydana getirdiği ısı artışı yönüyle karşılaştırdıklarında el ile uygulanan stripler ile pulpada ısı artışı riskinin perfore disk ve tungsten karbid frezlere kıyasla daha düşük olduğunu ve tüm ara yüz mine aşındırması prosedürleri içinde tungsten karbid ile yapılan ara yüz mine aşındırması işleminin pulpada en çok ısı artışına sebep olduğunu belirtmişlerdir (Baysal ve diğerleri,2007). Sehgal ve ark. da benzer çalışmayı yapmışlar ve ara yüz mine aşındırması yöntemlerini pulpada meydana getirdiği ısı artışı yönüyle karşılaştırmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre tüm ara yüz mine aşındırması metodlarında pulpada ısı artışı meydana gelmektedir ancak hiçbir yöntemde kritik seviye olan 5,5 derecenin aşılmadığı belirtilmiştir (Sehgal ve diğerleri,2019). Ara yüz mine aşındırma yöntemini seçerken çalışmalardan elde edilen bu verilere dayanarak pulpadaki ısı artışının tolere edilebilir olması, klinik uygulanabilirliğinin kolay olması, 8 bıçaklı tungsten karbid frez ile mine redüksiyonu sonrası Sof-Lex disk ile polisaj yapıldığında aşındırma yapılmayan mineden bile daha pürüzsüz bir yüzey elde edildiğini kanıtlayan çalışmaların varlığı (Piacentini ve Sfondrini,1996) ve diğer tekniklerin dezavantajları göz önünde bulundurularak bu tez çalışmasında ara yüz mine aşındırması için özel tasarlanmış kesici olmayan güvenli uca sahip crosscut tungsten karbid frez, polisaj için ekstra ince grenli açılı elmas frez ve final polisajı için Sof-Lex disk tercih edilmiştir.

Bu tez çalışmasında ara yüz mine aşındırması işlemine tabi tutulan mine yüzeyinde meydana gelen değişikliklerin gösterilmesi ve remineralizasyon ajanlarının uygulanmasının mine yüzeyindeki değişikliklere olan olumlu katkısını karşılaştırmalı olarak ortaya koyabilmek için mine yüzey pürüzlülüğü inceleme yöntemlerine başvurulmuştur. Ayrıca ara yüz mine aşındırması işlemi ile gerçekleşen mineral kaybının mine sağlamlığına olan etkisini ve ardından uygulanan remineralizasyon ajanlarının her birinin mine sağlamlığına olan etki düzeylerini değerlendirmek için mikrosertlik testi yapılmıştır. Mineral kaybı veya kazancını ortaya koyabilecek farklı yaklaşımlar da mevcuttur fakat en yaygın kullanılanı yüzey mikrosertlik analizi olup hızlı, basit ve yıkıcı olmayan bir paternde ölçümü kolaydır. Standart bir kaynaktan plastik deformasyona karşı materyal yüzeyinin direncini ölçmeye dayalı bir etki mekanizması mevcuttur (Yahya ve Rawi,2020).

Mine yüzey pürüzlülüğü profilometre, SEM ve AFM ile görselleştirilebilir. Profilometre ve AFM yüzey pürüzlülüğü hakkında 3 boyutlu sayısal veri sağlamaktadır. SEM ise ara yüz

mine aşındırması sonrasında oluşan olukları gözlemleyebilmemizi sağlar ancak 2 boyutlu bilgi verdiği için profilometre sonuçlarını destekleyici görselleştirme amacıyla kullanılabilir ve istatistiksel analiz yapılması isteniyorsa görsel mine değerlendirme endeksleri gerekmektedir. Ancak yöntemin dezavantajı gözlemcinin subjektifliğine dayanmasıdır (Sugsoompian ve diğerleri,2020). SEM incelemesinin limitasyonlarından biri de kurulum artefaktları oluşabilmesidir. Ayrıca spesimenlerin metal veya karbonla kaplanmasını gerektirir ve seri ölçümler mümkün değildir.

AFM ile mine topografisini değerlendirmek için yüksek çözünürlüklü tarama yapılabilmektedir. Yüzey pürüzlülüğü değerlendirilecek örneklerde preparasyon gerektirmemekte, eş zamanlı 2 ve 3 boyutlu tarama yapabilmekte, kalitatif ve kantitatif ölçüm yapılabilen ve tekrarlayan ölçümlere izin vermektedir (Urmia ve Semnan,2017).

Bu çalışmada SEM ve AFM ile mine yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir. SEM incelemesi, AFM ile elde edilen verileri destekleyici görselleştirme amacıyla yapılmış olup 3 boyutlu sayısal veri için AFM tercih edilmesinin sebebi lazer profilometrenin renk ve şeffaflıktan etkilenebildiğinden dolayı örnekten polivinil siloksan ölçü kaydı alınması, sonrasında lazer profilometre ile taranmasının gerekmesidir (Khan,2019).

Çekilmiş dişler kullanılarak yapılan çalışmalarda, deneyin yapılacağı zamana kadar dişlerin dehidrate olmasını önlemek için çeşitli solüsyonlar kullanılmıştır. Salin solüsyonu, distile su ve deiyonize su en sık tercih edilen solüsyonlardır. Solüsyonlar beklenen süre içerisinde diş dokularına nüfuz ederek çalışma sonuçlarında istenmeyen etkilere neden olabilmektedir. Aydın ve ark., bu durumun önlenmesi için iyonlarından arındırılmış suyun tercih edilmesini önermişlerdir (Aydın ve diğerleri,2015). Bu çalışmada da dişler çekildikleri andan inceleme için gönderildikleri zamana kadar geçirdikleri her aşamada günlük olarak değiştirilen iyonlarından arındırılmış su içinde bekletilmişlerdir.

Flor en iyi bilinen ve en yaygın kullanılan remineralizasyon ajanıdır. Ara yüz mine aşındırması yapılan yüzeyleri korumak için uygulanan flor, diş mineral yapısına fluoroapatit veya florohidroksiapatit şeklinde dahil olmakta, yüzey pürüzlülüğünü azaltıp ara yüz mine aşındırması ile kaybedilen bazı minerallerin geri alınmasına yardım etmekte, mine yüzey bütünlüğünün korunmasına katkı sağlamaktadır. Flor uygulama metodları arasında flor verniği hasta kooperasyonuna daha az bağlı olduğu için tercih edilmektedir (Sezici ve diğerleri,2021). Florun remineralizasyonu destekleme kabiliyeti kalsiyum ve fosfat

iyonlarının mevcudiyetine bağlıdır (Yahya ve Rawi,2020). Florun herkes tarafından bilinen, kabul görmüş bir remineralizasyon ajanı olması ve yaygın kullanımından dolayı geliştirilen her yeni remineralizasyon ajanının etkinliği flor ile karşılaştırılmıştır. Özellikle çocuk diş hekimliğinde koruyucu önleyici tedavi kapsamında flor uygulaması sıklıkla uygulanmakta olup, ortodontide braketler söküldükten sonra oluşan beyaz nokta lezyonları için ve ara yüz mine aşındırması sonrası remineralizasyonda kullanımına yer veren çalışmalar mevcuttur.

Mohimnd ve ark. nın ara yüz mine aşındırması işlemi sonrası mine yüzeyinin korunmasına yönelik yaptıkları araştırmada 6 hastaya ait 14 küçük azı dişi kullanılmıştır. Çalışmaya dahil olan dişler 5 gruba ayrılmış olup 1. Grup: sağlam diş mine yüzeyleri, 2. Grup: flor vernik uygulanmış ve 4 ay ağız ortamına maruz bırakılmış sağlam diş mine yüzeyleri, 3. Grup: IPR yapılmış ve çekilmiş diş yüzeyleri, 4. Grup: IPR yapılmış, vernik uygulanmamış ve 4 ay ağız ortamında bırakılmış diş yüzeyleri, 5. Grup: IPR yapılmış flor vernik uygulanmış ve 4 ay ağız ortamına bırakılmış diş yüzeyleri olarak belirtilmiştir. Yüzeylerin kalitatif ve kantitatif incelemeleri sırasıyla SEM ve DES (dispersive energy spectroscopy) ile yapılmıştır. Ara yüz mine aşındırması yapıp ağız ortamında kalan flor uygulanan ve uygulanmayan diş örneklerinin tümünde ara yüz mine aşındırması işleminin sebep olduğu yüzey düzensizliğinin varlığının sürdüğü belirtilmiştir. Flor koruması olan ve olmayan her iki grupta da mineral yüzdesinde gelişim görülmüş fakat flor vernik uygulanan grupta kalsiyum ve fosfor yüzdelерinin sağlam mine yapısına daha yakın olduğu tespit edilmiştir. Sağlam mine yüzeylerinden flor uygulanan grupta (grup 2) diş yüzeyinde kalsiyum ve fosfat minerallerinin artmış olduğu, daha az plak retansiyonu anlamına gelen karbon seviyesinin azalmış olduğu ve yüzey pürüzlülüğünün azaldığı tespit edilmiş olup elde edilen bu sonuç literatürde belirtilen flor verniğın remineralizasyon etkisini onaylar niteliktedir. Grup 3 ve 4 arasında yapılan karşılaştırmada grup 4'te kalsiyum ve fosfor seviyelerinin daha yüksek, karbon seviyesinin daha düşük olmasının tükürüğün fizikokimyasal yapısı ile ilişkili olan remineralizasyon özelliğinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Ancak ağız ortamına bırakılan örneklerden flor uygulanan gruptaki kalsiyum ve fosfor yüzdeleri sağlam diş yapısına daha yakın olarak bulunmuştur (Mohimnd ve diğerleri,2019). Desai ve ark. da SEM ile yaptıkları incelemelerde ara yüz mine aşındırması işlemi ile azalan mine mikrosertlik değeri nin flor remineralizasyonu ile arttığını gözlemlemiştir (Desai ve diğerleri,2018). Bu çalışmada da AFM incelemesine göre flor uygulanan grupta yüzey pürüzlülüğü (396,855 nm) kontrol grubuna göre (507,57

nm) daha düşük olarak tespit edilmiştir ve mikrosertlik açısından da flor grubunun diğer remineralizasyon ajanlarından ve kontrol grubundan daha üstün olduğu görülmüştür.

Florun kanıtlanmış olumlu etkilerinin yanı sıra flora fazlaca maruz kalmanın sonucu oluşan potansiyel bir yan etki olan florozis riski sebebiyle yüksek dozlarda uygulanamaması, yetersiz beslenme ile flor toksisitesinin artması, çürük prevelansı seviyesinde önleyici etkisi olsa da tamamen iyileşme sağlayamaması gibi dezavantajları mevcuttur. Bu sebeple yeni remineralizasyon ajanları arayışı içerisine girilmiştir. Kendinden organize olabilen peptit (Self assembling peptit) olarak da bilinen P11-4 yakın zamanda hayatımıza giren yeni bir mine remineralizasyon yöntemidir. P11-4 ün kullanımı biyomimetik yaklaşıma dayanmaktadır. Minenin mineralizasyonunu taklit etmek amaçlanmıştır.

Kind ve ark. P11-4' ün çürük mine dokusunda remineralizasyonu destekleme mekanizmasını araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada P11-4 ün yüzey altı lezyonlara difüze olduğunu, kendiliğinden nanohidroksiapatit nükleasyonunu desteklediğini, sonuç olarak yüzey altı lezyon içinde artmış mineral yoğunluğunu sağladığını bulmuşlardır (Kind ve diğerleri,2017).

Brunton ve ark. P11-4'ün erken mine lezyonları üzerinde tek sefer uygulanmasının potansiyel klinik etki ve güvenliğini test etmek amacıyla yaptıkları çalışmada 2 araştırmacı 180 gün boyunca lezyonun klinik görünümünü skorlamışlardır. İki araştırmacının sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamış olup başlangıç hali ile karşılaştırılan değerlendirme skorlarında en önemli fark 30. günde gerçekleşmiştir. 180 gün ile 30 gün skorları arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmamıştır. Sonuç olarak P 11-4'ün tek sefer uygulama ile majör tedavi etkinliğini 30. günde gösterdiği ve 6 ay boyunca bu etkinliği sürdürdüğünü belirtmişlerdir (Brunton ve diğerleri,2013). Bu çalışmada da örnekler remineralizasyon ajanları uygulandıktan sonra 30 gün boyunca iyonlarından arındırılmış suda bekletilmiştir.

Yahya ve ark. 25 adet çekilmiş premolar dişinde P11-4'ün remineralizasyon etkinliğini flor ve CPP-ACPF vernikleri ile karşılaştırmışlardır. Çalışmada ayrıca flor ile P11-4'ün birlikte uygulandığı bir grup da mevcuttur. Remineralizasyon ajanı uygulaması sonrasında yapılan mikrosertik ölçümlerine göre en yüksek mine mikrosertliği flor grubunda olup, bu grubu sırasıyla P11-4 ile florun birlikte uygulandığı grup sonra P11-4 grubu ve CPP-ACPF grubu takip etmektedir. En düşük mikrosertlik değeri yapay tükürükte bekletilen kontrol

grubunda tespit edilmiştir. P11-4'ün tek başına ve flor ile kombine edildiğindeki remineralizasyon etkinliğini ise benzer bulunmuştur (Yahya ve Rawi,2020). Alkilzy ve ark. ise bu çalışmadaki sonucun aksine tek başına flor ve P11-4 ile kombine edilmiş florun başlangıç okluzal çürükleri üzerindeki etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında P11-4 ve flor kombine edildiğinde; florun yüzeyde, P11-4'ün ise yüzey altında daha etkili olmasından dolayı etki mekanizması açısından birbirlerini tamamladıkları için daha etkili, güvenilir, basit bir girişimsel olmayan tedavi yöntemi olduğunu ve altın standart olarak kabul edilen tek başına flor tedavisinden daha üstün olduğunu belirtmişlerdir (Alkilzy ve diğerleri,2018). Bu çalışmada da Yahya ve ark. nın çalışma sonuçları ile uyumlu olarak flor vernik uygulaması sonrasında elde edilen mikrosertlik değerleri P11-4 grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olarak tespit edilmiştir.

Kamal ve ark. ise flor ile P11-4'ün birlikte uygulandığı grup dışında Yahya ve ark. çalışmasında yer alan grupların aynısını oluşturarak 40 adet çekilmiş diş üzerinde yaptıkları çalışmada en yüksek mine yüzey mikrosertlik değerini P11-4 grubunda ölçmüşlerdir. Elde edilen bu sonucu P11-4'ün düşük viskozitesinden dolayı yüzey altı lezyon gövdesi mikroporlarına derin penetrasyon gösterebilmesi, florun ise tamamen remineralizasyon sağlamadan yalnızca yüzey remineralizasyonu ile lezyonu durdurucu etkisinin olması şeklinde yorumlamışlardır (Kamal ve diğerleri,2020). Bu tez çalışmasında uygulanan ara yüz mine aşındırması işlemi de mine yüzeyinde bir işlem olduğu için P11-4, flora göre daha başarısız bulunmuştur.

Rezin infiltrasyon tekniği de diş hekimliğinde yeni bir konsept olup mikroinvaziv bir yöntem olarak sınıflandırılmaktadır. Mine lezyon gövdesindeki porlara düşük vizkoziteli ışıkla sertleşen rezinin infiltrasyonu ile lezyon durdurulur, lezyon içinde bir difüzyon bariyeri oluşturulur, demineralize dokunun sertliği ve mekanik dayanıklılığı artar (Torres ve diğerleri,2012).

Meng li ve ark. sağlam mine dokusu ve rezin infiltrant uygulanmış sağlam mine dokularına yapay demineralizasyon işlemini uyguladıklarında rezin infiltrant uygulanmış sağlam mine dokusunun demineralizasyona karşı daha dirençli olduğunu gözlemlemişler ve bu grupta daha yüksek mikrosertlik değeri ölçmüşlerdir (Li ve diğerleri,2021).

Torres ve ark. flor ve Icon'un mine çürük lezyonlarının mikrosertliği üzerine etkilerini değerlendirmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır (Torres ve diğerleri,2012). Yüzeyaltı

çürük lezyonu oluşturdıkları 60 diş örneğini 4 gruba ayırıp 1. Gruba günlük %0.05 lik flor, 2. Gruba haftalık %2 lik flor jel, 3. Gruba Icon uygulayıp 4. Grubu kontrol grubu olarak bırakmışlardır. 8 haftalık gözlemin sonunda en yüksek mikrosertlik değerinin Icon grubunda, en düşük mikrosertlik değerinin kontrol grubunda olduğunu, günlük flor uygulamasındaki mikrosertlik değerinin ise haftalık uygulamaya göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Bu sonucun sebebini, yüksek konsantrasyondaki florun mine yüzeyinde hızlı mineral çökmesi meydana getirmesiyle yüzey altındaki demineralize lezyon ile bağlantıyı sağlayan mine yüzey porlarının tıkanmasına yol açarak yüzey altı demineralize minenin remineralizasyonunu limitlediği şeklinde açıklamışlardır. Bu tez çalışmasında ise Icon grubunun mikrosertlik değerleri kontrol ($p=0,00$) ve flor uygulanan gruptan ($p=0,00$) istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuç, ara yüz mine aşındırması sonrasında açılan porların büyük olması ve rezinin bu porları dolduramaması şeklinde yorumlanmıştır.

Torres ve ark. flor ile remineralizasyon sağladıkları grupları tekrar asit atağına maruz bıraktıklarında mikrosertlik değerlerinde önemli bir azalma olmadığını, remineralize mine yüzeyinin sağlam mineye kıyasla demineralizasyona karşı daha dirençli olduğunu belirtmişlerdir. Icon ile remineralize edilen grupta ise yeni bir asit atağı sonrası mikrosertlik ortalamaları daha düşük çıkmıştır. Bu durumun sebebi lezyon gövdesindeki rezin matriks içerisinde tamamen gömülmemiş olarak kalan minerallerin kısmen çözünmesi veya ışıkla sertleştirme esnasında rezinin büzülmesi sonucu sızıntı oluşması ve nihayetinde asit direncinin azalmasına bağlı olabileceği şeklinde açıklanmıştır. Remineralizasyon sonrası yeniden bir asit atağı meydana geldiğinde Icon grubunda mikrosertlik değerlerinde azalma olmasına rağmen mikrosertlik ortalamalarının günlük flor uygulanan grubun değerleri ile benzer olduğu belirtilmiştir (Torres ve diğerleri,2012).

Mine remineralizasyonunda rezin infiltrasyon başarılı bir teknik olarak belirtilmekle birlikte yüksek çürük riskli hastalarda oral hijyen eğitimi ve diyet düzenlemesi yapılması veya rezinin tekrarlayan uygulamalarının gerekli olabileceği vurgulanmaktadır. Remineralizasyon ajanı uygulanan dişlerin tümünde kontrol grubuna göre demineralize minenin mikrosertliğinin arttığı, fakat hangi remineralizasyon ajanı uygulanırsa uygulansın çürüğün biyofilm bağlı bir hastalık olmasından dolayı çürük lezyonunun ilerlemesinin oral hijyen eğitimi ve diyet düzenlemesi ile kontrol edilmesi gerektiği belirtilmektedir (Torres ve diğerleri,2012).

Wierichs ve ark. tarafından flor, Icon rezin infiltrant ve P11-4 içerikli Curodont Repair ajanlarının yapay mine çürük lezyonları üzerindeki etkinliğini demineralize edici koşullar altında araştırmak amacıyla yapılan çalışmada flor ve düşük viskoziteli rezin uygulamasının ileri mineral kaybına önemli derecede engel olduğu belirtilmiştir. Ayrıca diğer gruplarla karşılaştırıldığında düşük viskoziteli rezinin lezyon görünümünü maskeleme etkisinin de önemli derecede daha iyi bulunmuştur. Aksine P11-4 grubunda ileri mineral kaybına engel olmadığı gibi lezyon görünümünde de iyileşme sağlamadığı görülmüştür. pH 5,0-7,0 arası iken peptitin biyoaktif jel formuna dönüşerek etkinlik gösterdiği fakat $3,2 < \text{pH} < 5,0$ iken peptitin topaklanarak çökeldiği belirtilmiş. Dolayısıyla elde edilen sonuç bu çalışmada remineralizasyon (pH 7) ve demineralizasyon solüsyonlarının (pH 4,87) günlük periyodik değiştirilmelerinden kaynaklanan pH daki dalgalanmalar sonucu peptitin topaklanma şeklinde çökeldiği ve remineralizasyonu destekleyemediği, aksine kalsiyum ve fosfat iyonlarının difüzyonuna engel olduğu şeklinde yorumlanmıştır (Wierichs ve diğerleri,2017).

Beyaz nokta lezyonlarına karşı Icon, flor vernik ve P11-4'ün etkilerini lazer floresan yöntemiyle inceleyerek karşılaştıran Gözetici ve ark.larının yaptığı çalışmada lezyonda en iyi iyileşmenin Icon grubunda, en az iyileşmenin ise flor verniğin uygulandığı grupta olduğu tespit edilmiştir (Gözetici ve diğerleri,2019).

Gürdoğan ve ark. demineralize mine, Icon uygulanmış mine ve sağlam mineyi yüzey pürüzlülüğü yönünden AFM ile değerlendirdikleri çalışmada Icon uygulanmış minenin sağlam mineye oranla önemli derecede daha pürüzlü yüzeye sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu tez çalışmasında da yine AFM analizi ile, Icon uygulanmış mine yüzeyinin herhangi bir ajan uygulanmayan kontrol grubuna göre benzer pürüzlülük gösterdiği belirlenmiştir (Gürdoğan ve diğerleri,2017).

Sezici ve ark. yaptıkları çalışmada konvansiyonel flor vernik, ışıkla sertleşen flor vernik, kendinden birleşen peptit (Curodont) ve mine matriks proteinlerinin demineralize minenin tedavisindeki etkinliklerini QLF tekniği ile karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Curodont ve ışıkla sertleşen flor verniğin lezyon büyüklüğü ve ışık geçirgenlik kaybının azalmasında daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Ancak Curodont grubunda, mine matriks proteini ve ışıkla sertleşen flor verniğe kıyasla QLF ölçümlerinde 1 ve 2. haftalar arasında daha fazla değişim gözlenmiştir. 14. günden sonra ise ışıkla sertleşen verniğin lezyon büyüklüğünün

ve ışık geçirgenlik kaybının azalmasında en yüksek potansiyele sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. En az başarı elde edilen grup geleneksel flor vernik uygulanan grup olarak belirtilmiştir (Sezici ve diğerleri,2021).

Bu tez çalışmasında elde edilen mikrosertlik ve AFM analizi ile belirlenen yüzey pürüzlülüğü bulguları beraber değerlendirildiğinde bulguların birbirini destekler nitelikte olduğu görülmektedir. Flor uygulanan grupta yüzey pürüzlülüğü en düşük, mikrosertlik değeri ise en yüksek olarak tespit edilmiştir.

Belirtilen bu çalışmalar gibi P11-4'ün etkinliğinin CPP-ACPF, flor, Icon ile karşılaştırmalı olarak araştırıldığı çalışmalar mevcuttur ancak çalışmaların tümü yapay çürük lezyonları veya başlangıç çürükleri üzerindeki etkinliği değerlendirmiştir. Ara yüz mine aşındırması sonrası mine remineralizasyonunu çeşitli remineralizasyon ajanları üzerinden değerlendiren çalışmalar da mevcuttur ancak bu çalışmalar arasından en güncel yaklaşım olan biyomimetik remineralizasyon ajanlarından P11-4'ün etkinliğini araştıran bir çalışma mevcut değildir. Bu sebeple bu çalışmada ara yüz mine aşındırması sonrası P11-4 içerikli Curodont Repair uygulamasının mine yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertliğe etkisi, yine güncel bir teknik olan rezin infiltrasyon tekniğine dayalı Icon ve günümüze kadar altın standart olarak kabul edilen florun vernik formundaki ürünü olan Enamelast ile karşılaştırılmıştır.

Klinik ortamda remineralizasyon ajanlarının tek seferlik uygulamasının hem maliyeti düşürdüğü hem de zaman kaybını önlediği belirtilmektedir. Çalışmalarda yavaş salınım yapan vernik formundaki remineralizasyon ajanlarının tekrarlayan uygulamalarını ortadan kaldıracak etkinliğe sahip olduğu ve tek bir uygulamanın başarılı sonuçlar verdiği bildirilmektedir. Bu nedenle remineralizasyon ajanları tek bir sefer uygulanmıştır (Quinonez ve diğerleri,2006).

Bu çalışmada standardizasyon, ara yüz mine aşındırması işleminin tek bir araştırmacı tarafından tek tip frez ve disk kullanılarak yapılması ve her bir dişe eşit frez darbesi uygulanarak sağlanmaya çalışılmıştır. Ancak buna rağmen her bir dişte kaldırılan mine miktarı farklı olabilir. Çünkü kaldırılan mine miktarı aşındırıcının sertliği ile partikül boyutu ve uygulama süresinin yanı sıra uygulama basıncı ve mine sertliğine de bağlıdır (Lundgren ve diğerleri,1993). Tek bir araştırmacı tarafından yapılması ile uygulama basıncında standardizasyon bir ölçüde sağlanabilirken, dişlerin farklı insanlardan alınması

sebebiyle mine sertliğinde bir standardizasyon sağlanamamıştır. Çalışmada iyonlarından arındırılmış su kullanılmış olup, solüsyonda iyonların varlığı etkinliği araştırılmış olan ajanların etkinliğini değiştirebilir.



7. SONUÇLAR

Yapılan AFM incelemelerine göre en yüksek yüzey pürüzlülüğü Curodont uygulanan grupta görülmüştür. Hiçbir remineralizasyon ajanının uygulanmadığı, crosscut karbid frezle uygulanan ara yüz mine aşındırması sonrası yalnızca elmas frezle bitirme ve Sof-Lex diskle cilalama işlemlerinin yapıldığı kontrol grubunda, Curodont uygulanmasına kıyasla daha pürüzsüz yüzey elde edildiği görülmüştür. SEM incelemeleri de bize AFM bulgularını doğrular nitelikte görseller sunmuş olup, Curodont grubu en düzensiz yüzeyi sergilemiştir.

Diğer bir parametre olan mikrosertlik açısından değerlendirildiğinde Curodont uygulanan mine yüzeylerinin mikrosertlikleri, kontrol ve flor grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede düşüktür. Curodont uygulanan grubun mikrosertlik değerleri Icon uygulanan gruptan yüksek olsa da aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Hem yüzey pürüzlülüğüne hem mikrosertliğe olan etkisi dikkate alındığında ara yüz mine aşındırması sonrası daha pürüzsüz ve daha sağlam bir mine yapısı elde etmek konusunda Curodont başarılı bulunmamıştır.

REFERANSLAR

- Aggeli, A., Bell, M., Boden, N. (2003). Self Assembling Peptide Polyelectrolyteß Sheet Complexes Form Nematic Hydrogels. *Angewandte Chemie*, 115:5761–5764.
- Alkilzy, M., Tarabaih, A., Santamaria, R.M., Splieth, C.H. (2018). Self-assembling peptide P11-4 and fluoride for regenerating enamel. *J Dent Res*, 97:148–154.
- Amaechi, B.T., Ramalingam, K., Mensinkasai, P.K., Narjibfard, K., Mackey, A.C., Karlinsey, R.L. (2010). Remineralization of eroded enamel by a NaF rinse containing a novel calcium phosphate agent in an in situ model: a pilot study, *Clin Cosmet Invest Dent*, 2:93–100.
- Anderson, A., Skold-Larsson, K., Hallgren, A. (2007). Effect of dental cream containing Cpp-ACP complexes on White spot lesion regression assesed by laser fluorescence, *Oral health prev dent*, 5:229-233.
- Arhun, N., Arman, A. (2007) Effects of orthodontic mechanics on tooth enamel: a review. *Semin Orthod* 13:281-91.
- Arman, A., Cehreli, S.B, Ozel, E., Arhun, N., Cetinsahin, A., Soyman, M. (2006). Qualitative and quantitative evaluation of enamel after various stripping methods. *Am J Orthod Dentofacial Orhop*, 130: 131.e7-14.
- Arslan, H., Kaya, B. Ortodontide arayüz aşındırma yöntemleri (2020). *A.Ü. Diş Hek. Fak. Derg.* 47 (1-3) 167-178.
- Aydemir, B. (2003). Genel Sertlik Metrolojisi Eğitim Dokümanı, TUBİTAK-UME
- Aydemir, B. (2009). Sertlik Ölçüm Yöntemlerinin Bugünü ve Yarını. *Metal Dünyası*, Sayı 189, Sayfa 5
- Aydın, B., Pamir, T., Baltacı, A., Orman, M.N, Turk, T. (2015). Effect of storage solutions on microhardness of crown enamel and dentin. *European Journal of Dentistry*, 9(2), 262-6.
- Azarpazhooh, A., Limeback, H. (2008). Clinical efficaccy of casein derivatives:a systematic review of literatür.*J Am Dent Assoc*, 139:915-924.
- Bakry, A.S, Marghalani, H.Y, Amin, O.A, Tagami, J. (2014). The effect of a bioglass paste on enamel exposed to erosive challenge, *J. Dent.*, 42:458–1463.

- Ballard, M.L (1944). Asymmetry in tooth size: A factor in the etiology, diagnosis, and treatment of malocclusion. *Angle Orthod.*, 14: 67-71.
- Baysal, A., Uysal, T., Usumez, S. (2007). Temperature rise in the pulp chamber during different stripping procedures. *Angle Orthod.*, 77(3):478-82.
- Beerens, M.W., Van Der Veen, M.H., Van Beek, H., Ten Cate, J.M. (2010) Effects of casein phosphopeptide amorphous calcium fluoride phosphate paste on white spot lesions and dental plaque after orthodontic treatment: a 3-month follow-up, *Eur. J. Oral Sci.* 118: 610–617
- Beniash, E., Simmer, J. P., Margolis, H. C. (2005). The Effect of recombinant mouse amelogenins on the formation and organization of hydroxyapatite crystals in vitro. *J. Struct. Biol.*, 149, 182–190. doi: 10.1016/j.jsb.2004.11.001
- Bhambri, E., Kalra, J.P., Ahuja, S., Bhambri, G. (2017). Evaluation of enamel surfaces following interproximal reduction and polishing with different methods: A scanning electron microscope study. *Indian J Dent Sci.* 9:153-9.
- Boese, L.R. (1980). Fiberotomy and reproximation without lower retention, nine years in retrospect: part II. *Angle Orthod.*, 50: 88-97.
- Bonetti, A., Pazzi, E., Zanarini, M. (2014). The Effect of Zinc-Carbonate Hydroxyapatite versus Fluoride on Enamel surfaces after interproximal reduction. *Wiley Periodicals*, Vol 36, 356–361.
- Boyde, A., Lester, K.S. (1967). Electron microscopy of resorbing surfaces of dental hard tissues. *Zeitschrift fuer Zellforschung und Mikroskopische Anatomie* 83:538–48.
- Brauer, D.S, Karpukhina, N., Law, R.V, Hill, R.G. (2009). Structure of fluoride-containing bioactive glasses, *J. Mater. Chem.*, 19: 5629–5636.
- Brauer, D.S., Karpukhina, N., O'Donnell, M.D., Law, R.V., Hill, R.G. (2010). Fluoride-containing bioactive glasses: effect of glass design and structure on degradation, pH and apatite formation in simulated body fluid, *Acta Biomater.* 6: 3275–3282.
- Brunton, P.A., Davies, R.P., Burke, J.L., Smith, A., Aggeli, A., Brookes, S.J., Kirkham, J. (2013). Treatment of early caries lesions using biomimetic self-assembling peptides: a clinical safety trial, *Br Dent J.* 215(4): E6

- Burwell, A.K, Litkowski, L.J, Greenspan, D.C. (2009). Calcium sodium phosphosilicate (NovaMin®): remineralization potential. *Adv Dent Res.*, 21: 35–39.
- Cakan, D.G, Taner, T.U, Akan, S. (2010). Arch width and perimeter changes in patients with borderline Class I malocclusion treated with extractions or without extractions with air-rotor stripping. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, 137: 734.e1-7.
- Chambers, C., Stewart, S., Su, B., Sandy, J., Ireland, A. (2013). Prevention and treatment of demineralisation during fixed appliance therapy: a review of current methods and future applications, *Br. Dent. J.*, 215: 505–511.
- Chen, J., Cao, X., Guo, R. (2012). A highly effective polymerase chain reaction enhancer based on dendrimer-entrapped gold nanoparticles. *Analyst.*, 137(1):223-228.
- Chen, L., Yuan, H., Tang, B., Liang, K., Li, J. (2015). Biomimetic Remineralization of Human Enamel in the Presence of Polyamidoamine Dendrimers in vitro. *Caries Res.*, 49(3):282-290.
- Chu, J., Feng, X., Guo, H., Zhang, T., Zhao, H., Zhang, Q. (2009). Remineralization Efficacy of an Amelogenin-Based Synthetic Peptide on Carious Lesions. *Front. Physiol.*, 5;9:842.
- Chudasama, D., Sheridan, J.J. Guidelines for contemporary air rotor stripping. (2007). *J Clin Orthod.*, 41:315-20.
- Chung, H.Y., Li, C.C., Hsu, C.C. (2007). Characterization of the effects of 3DSS peptide on remineralized enamel in artificial saliva. *J Mech Behav Biomed Mater*, 6: 74–79.
- Cochrane, N.J., Cai, F., Huq, N.L., Burrow, M.F., and Reynold, E.C. (2010). New Approaches to Enhanced Remineralization of Tooth Enamel. *J Dent Res* 89(11):1187-1197.
- Crain, G., Sheridan, J.J. (1990). Susceptibility to caries and periodontal disease after posterior air-rotor stripping. *J Clin Orthod.*, 24: 84- 95.
- Da Camara, D.M., Pessan, J.P., Francati, T.M., Souza, J.A., Danelon, M., Delbem, A.C. (2016). Fluoride toothpaste supplemented with sodium hexametaphosphate reduces enamel demineralization in vitro. *Clin Oral Investig.*, 20: 1981–1985.

- Danelon, M., Takeshita, E.M., Peixoto, L.C., Sassaki, K.T., Delbem, A.C.B. (2014). Effect of fluoride gels supplemented with sodium trimetaphosphate in reducing demineralization. *Clin Oral Investig.*,18: 1119–1127.
- Danesh, G., Hellak, A., Lippold, C., Ziebura, T., Schafer, E. (2007). Enamel Surfaces Following Interproximal Reduction with Different Methods. *The Angle Orthodontist*, 77(6), 1004–1010.
- Danesh, G., Podstawa, P. K. K., Schwartz, C.E, Kirschneck, C., Bizhang, M., Arnold, W. H. (2020). Depth of acid penetration and enamel surface roughness associated with different methods of interproximal enamel reduction. *PLOS ONE*, 15(3), e0229595. doi:10.1371/journal.pone.0229595
- Değirmenci, K., Büyükdere, A. (2016) İn Vitro Yöntemlerle Tam Seramiklerin Yüzey Pürüzlülüğü ve Translüsensinin Değerlendirilmesi: Derleme Uluslararası Dış Hekimliği Bilimleri Dergisi.
- Delbem, A.C., Lima, T.M., Castilho, F.C., Pessan, J.P. (2014). In vitro remineralizing effect of fluoride varnishes containing sodium trimetaphosphate, *Caries Res*, 48(4):299-305.
- DeLong, R., Pintado, M.R., Ko C.C., Hodges, J.S., Douglas, W.H. (2001). Factors influencing optical 3D scanning of vinyl polysiloxane impression materials. *Journal of Prosthodontics*, 10:78–85.
- Desai, H., Yadav, P., Agrawal, S., Patel, K., Oza, M., Kadivar, M. (2018), Effect of application of remineralization agents on microhardness & surface roughness of the enamel surface after interproximal stripping in vivo study, *International Journal of Advanced Research Int. J. Adv. Res*, 6(6), 922-931.
- Deyhle, H., Dziadowiec, I., Kind, L., Thalmann, P., Schulz, G., Müller, B. (2015). Mineralization of early stage carious lesions in vitro: a quantitative approach. *Dent J.*, 3(4):111–122.
- El Moshay S, Abbass MMS, El-Motayam AM. (2018). Biomimetic remineralization of acid etched enamel using agarose hydrogel model. 2018 ;7:1476.
- Elton, V., Cooper, L., Higham, S.M., Pender, N. (2009) Validation of enamel erosion in vitro. *Journal of Dentistry*, 37:336–41.
- Ensari, C., Dikeç, F., Kayalı, E.S. (1990). Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri, İTÜ

- Everett, E.T. (2011). Fluoride's Effects on the Formation of Teeth and Bones, and the Influence of Genetics. *J Dent Res.*, 90 (5): 552-60.
- Favretto, C.O, Danelon, M., Castilho, F.C, Vieira, A.E, Delbem, A.C. (2013). In vitro evaluation of the effect of mouth rinse with trimetaphosphate on enamel demineralization. *Caries Res.*, 47: 532–538.
- Fillion, D. (1993a). Apport de la sculpture amélaire interproximale à l'orthodontie de l'adulte (2e partie). *Revue Orthop Dento Faciale*, 27:189-214.
- Fillion, D. (1993b). Apport de la sculpture amélaire interproximale à l'orthodontie de l'adulte (3e partie). *Revue Orthop Dento Faciale*, 27:353-67.
- Finke, M., Klaus, D.J., Parker, D.M. (2000). The early stages of native enamel dissolution studied with atomic force microscopy. *Journal of Colloid and Interface Science*, 232:156–64.
- Florman, M., Lobiondo, P.E, Partovi, M. (2010). Creating space with interproximal reduction. American Dental Association Continuing Education Recognition Program. Erişim: 17/07/2021 adresi <http://www.ineedce.com/courses/1780/PDF/CreatingSpaceInterproximalReduction.pdf>
- Freire, I.R., Pessan, J.P., Amaral, J.G., Martinhon, C.C., Cunha, R.F., Delbem, A.C. (2016). Anticaries effect of low-fluoride dentifrices with phosphates in children: a randomized controlled trial. *J Dent*, 50: 37–42.
- Frindel, C. (2010). Clear thinking about interproximal stripping. *J Dentofacial Anom Orthod* 13:187-99.
- Ganss, C., Martin, H., David, B., Joachim, K., Nadine, S. (2009) Effects of toothbrushing force on the mineral content and demineralized organic matrix of eroded dentine. *European Journal of Oral Sciences*, 117:255–60.
- Gazzani, F., Lione, R., Pavoni, C., Mampieri, G., Cozza, P. (2019). Comparison of the abrasive properties of two different systems for interproximal enamel reduction: oscillating versus manual strips *BMC Oral Health*, 19: 247
- George, A., Bannon, L., Sabsay, B., Dillon, J.W., Malone, J., Veis, A., Jenkins, N.A., Gilbert, D.J., Copeland, N.G. (1996). The carboxyl-terminal domain of phosphoryn contains unique extended triplet amino acid repeat sequences forming ordered

- carboxyl-phosphate interaction ridges that may be essential in the biomineralization process. *J Biol Chem.*, 271: 32869–32873.
- Goswami, M., Saha, S., Chaitra, T.R. (2012). Latest developments in non-fluoridated remineralizing technologies. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.*, 30(1):2-6.
- Gözetici, B., Öztürk, F., Toz-Akalın, T. (2019). Comparative Evaluation of Resin Infiltration and Remineralisation of Noncavitated Smooth Surface Caries Randomized Controlled Trial *Oral Health Prev Dent.*, 17(2):99-106.
- Grohe, B., Mittler, S. (2021). Advanced Non-fluoride Approaches to Dental Enamel Remineralization: The Next Level in Enamel Repair Management. *Biomaterials and Biosystems*. Volume 4, December 2021, 100029
- Groeneveld, A., Arends, J. (1974). The effect of SnF₂ and cetylaminohydrofluoride solutions on the acid demineralisation of enamel. *Caries Research*, 8:275–82.
- Guentsch, A., Fahmy, M.D., Wehrle, C., Nietzsche, S., Popp, J., Watts, D.C., Kranz, S., Krafft, C., Sigusch, B.W. (2019), Effect of biomimetic mineralization on enamel and dentin: A Raman and EDX analysis, *Dent Mater*, 35(9):1300-1307.
- Gupta, P., Gupta, N., Patel, N., Gupta, R., Sandhu, G.S., Naik, C. (2012). Qualitative and quantitative evaluation of enamel after various post-stripping polishing methods: an in vitro study. *Aust Orthod J.*, 28:240-4.
- Gürdoğan, E.B., Ozdemir-Ozenen, D., Sandalli, N. (2017). Evaluation of Surface Roughness Characteristics Using Atomic Force Microscopy and Inspection of Microhardness Following Resin Infiltration with Icon® *Journal of esthetic and restorative dentistry*, May 6;29(3):201-208.
- Haghgoo, R., Abbasi, F., Rezvani, M.B. (2011). Evaluation of the effect of nanohydroxyapatite on erosive lesions of the enamel of permanent teeth following exposure to soft beer in vitro. *Sci Res Essays* 6:5933-6. 64.
- Hardness testing with Zwick, Zwick/ Roell, Dokuman no FP 303 2.120. Erişim adresi: <https://vdocument.in/useful-hardness-testing-by-zwick-hardness-testing.html>
- He, T., Baker, R., Bartizek, R.D, Biesbrock, A.R, Chaves, E., Terézhalmy, G. (2007). Extrinsic stain removal efficacy of a stannous fluoride dentifrice with sodium hexametaphosphate. *J Clin Dent.*, 18:7–11.
- Harini, R., Thulasiram, Sabapathy, K. (2020) Interproximal Reduction In Orthodontics- A Review *European Journal Of Molecular & Clinical Medicine* Volume 7, Issue 4

- Heins, P.J., Wieder, S.M. (1986). A histologic study of the width and nature of inter-radicular spaces in human adult pre-molars and molars. *J Dent Res*, 65:948–51
- Hooper, S.M., Meredith, N., Jagger, D.C. (2004). The development of a new index for measurement of incisal/occlusal tooth wear. *Journal of oral rehabilitation*, 31; 206–212
- Hsu, C.C, Chung, H.Y, Yang, J.M, Shi, W., Wu, B. (2011). Influence of 8DSS Peptide on Nano-mechanical Behavior of Human Enamel. *J Dent Res*, 90(1):88-92.
- Huang, S.B, Gao, S.S, Yu, H.Y. (2009). Effect of nano-hydroxyapatite concentration on remineralization of initial enamel lesion in vitro. *Biomed Mater*, 4:034104.
- Hudson, A.L. (1956). A study of the effects of mesio-distal reduction of mandibular anterior teeth. *Am J Orthod*, 42: 615-24.
- Iacob, S. and Veis, A. (2008). Identification of the functional activity of the [A-4] amelogenin gene splice product in newborn mouse ameloblasts. *Bone* 42, 1072–1079. doi: 10.1016/j.bone.2008.01.023
- Iijima, Y., Cai, F., Shen, P. (2004). Acid resistance of enamel surface lesions remineralized by sugar free chewing gum containing CPP-ACP *Caries Res*, 38:551-556
- Jadhav, S., Vattipelli, S., Pavitra, M. (2011) Interproximal enamel reduction in comprehensive orthodontic Indian *J Stomatol* 2:245-8.
- Jargura, K., Gagnon, G., Nieberg, L. (2006). Caries risk after interproximal enamel reduction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, 130:26-30
- Jong, E.D, Higham, S.M, Smith, P.W, van Daelen, C.J, van der Veen, M.H. (2009). Quantified light-induced fluorescence, review of a diagnostic tool in prevention of oral disease. *Journal of Applied Physics*, 105(10), 102031-1-102031-7. <https://doi.org/10.1063/1.3116138>
- Joseph, V.P, Rossouw, P.E, Basson, N.J. (1992). Orthodontic microabrasive reproximation. *Am J Orthod Dentofac Orthop.*, 102(4):351–9
- Jung, M.H. (2013). A comparison of second premolar extraction and mini-implant total arch distalization with interproximal stripping. *Angle Orthod.*, 83:680-5.
- Kaaouara, Y., Mohind, H.B, Azaroual M.F, Zaoui F., Bahije, L., Benyahia, H. (2019). In vivo enamel stripping: A macroscopic and microscopic analytical study. *International Orthodontics*. doi:10.1016/j.ortho.2019.03.005

- Kamal, D., Hassanein, H., Elkassas, D., and Hamza, H. (2020). Complementary remineralizing effect of self-assembling peptide (P11-4) with CPP-ACPF or fluoride: An in vitro study *J Clin Exp Dent.*, 12(2): e161–e168
- Kandasamy, S., Goonewardene, M., Tennant, M. (2007). Changes in interdental papillae heights following alignment of anterior teeth. *Aust Orthod J*, 23:16-23
- Kang, J., Davies, R.P, Brookes, S.J, Kirkham, J. (2016). Multi-level modelling to further understanding of micro-CT data. In *Proceedings, Enamel 9 conference in Harrogate, University of Leeds*, Abstract 68.
- Kanoupakis, P.M, Peneva, M.D, Moutaftchiev, V.Y. (2011). Qualitative evaluation of changes in vivo after interproximal enamel reduction. *Oral Health Dental Manage*, 10:158- 67.
- Karlinsey, R.L, Mackey, A.C, Walker, R., Frederick, K.E. (2010). Preparation, characterization and in vitro efficacy of an acid-modified β -TCP material for dental hard-tissue remineralization. *Acta Biomater*, 6: 969–978.
- Karlinsey, R.L, Pfarrer, A.M. (2012). Fluoride plus functionalized β -TCP: a promising combination for robust remineralization. *Adv Dent Res*, 24:48–52.
- Khan, E. (2019). “In Vitro Techniques of Dental Erosion Characterisation; A Brief Review”. *EC Dental Science* 18(7): 1395-1401.
- Kilinc, D.D, Hamamci, O. (2009). Enamel surfaces with SEM after the application of different In vivo stripping methods. *J Int Dental Med Res*, 2:71-6.
- Kind, L., Stevanovic, S., Wuttig, S., Wimberger, S., Hofer, J., Muller, B., Pieves, U. (2017). Biomimetic remineralization of carious lesions by self-assembling peptide. *J Dent Res*. 96(7):790–797.
- Kirkham, J., Firth, A., Vernals, D., Boden, N., Robinson, C., Shore, R.C, Brookes, S.J, Aggeli, A. (2007). Self-assembling peptide scaffolds promote enamel remineralization. *J Dent Res*. 86(5):426–430.
- Klukowska, M., Bader, A., Erbe, C., Bellamy, P., White, D.J, Anastasia, M.K. (2011). Plaque levels of patients with fixed orthodontic appliances measured by digital plaque image analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 139: e463–70.
- Koretsi, V., Chatzigianni, A., Sidiropoulou, S. (2014). Enamel roughness and incidence of caries after interproximal enamel reduction: a systematic review *Orthod Craniofac Res*, 17: 1–13.

- Korkut, B., Tağtekin, D., Yanıkoğlu, F. (2011). Diş Çürüklerinin Erken Teşhisi ve Teşhiste Yeni Yöntemler: QLF, Diagnodent, Elektriksel İletkenlik ve Ultrasonik Sistem EÜ Dişhek Fak Derg, 32: 55-67.
- Kristine, P. Krafts (2010). Tissue repair Organogenesis. Oct-Dec; 6(4): 225–233
- Kunert, M.A. (2000). Nanoindentation study on carbon implanted Ti-6Al-4V, Ph.D. Thesis, Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart
- Küçükeşmen, Ç., Sönmez, H. (2008). Diş hekimliğinde florun, insan vücudu ve dişler üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi. S.D.Ü. Tıp Fak. Derg., 15(3) / 43-53. 34.
- Kwak, S. Y., Wiedemann-Bidlack, F. B., Beniash, E., Yamakoshi, Y., Simmer, J. P., Litman, A., et al. (2009). Role of 20-kDa Amelogenin (P148) Phosphorylation in calcium phosphate formation in vitro. J. Biol. Chem. 284, 18972–18979. doi: 10.1074/jbc.M109.020370
- Kwak, S. Y, Kim, S., Yamakoshi, Y., Simmer, J. P, Beniash, E., and Margolis, H. C. (2014). Regulation of calcium phosphate formation by native amelogenins in vitro. Connect. Tissue Res. 55 (Suppl. 1), 21–24. doi: 10.3109/03008207.2014.923853
- Kwak, S.Y, Litman, A., Margolis, H.C, Yamakoshi, Y., Simmer, J.P. (2017). Biomimetic enamel regeneration mediated by leucine-rich amelogenin peptide. J Dent Res, 96: 524–530.
- Le Norcy, E., Kwak, S.Y., Wiedemann-Bidlack, F.B., Beniash, E., Yamakoshi, Y., Simmer, J.P., Margolis, H.C. (2011). Leucine-rich amelogenin peptides regulate mineralization in vitro. J Dent Res, 90: 1091–1097.
- Li, M., Yang, Z., Huang, Y., Li, Y., Zhou, Z. (2021). In vitro effect of resin infiltrant on resistance of sound enamel surfaces in permanent teeth to demineralization Peer J 9(10):e12008
- Lundgren, T, Milleding, P, Mohlin, B, Nannmark, U. (1993). Restitution of enamel after interdental stripping. Swed Dent J., 17: 217–224
- Lynch, R.J.M. (2004). Calcium glycerophosphate and caries: a review of the literature. International Dental Journal, 54, 310-314.
- Makinen, K.K. (2010). Sugar alcohols, caries incidence and remineralization of caries lesions: A literature review. Int J Dent, 2010:981072.

- Marshall, G.W, Chang, Y.J, Gansky, S.A, Marshall, S.J. (2001). Demineralization of caries-affected transparent dentin by citric acid: an atomic force microscopy study. *Dental Materials*, 17:45–52.
- Mathews, M.S., Amaechi, B.T., Ramalingam, K, Ccahuana-Vasquez, R.A., Chedjieu, I.P., Mackey, A.C., Karlinsey, R.L. (2012). In situ remineralisation of eroded enamel lesions by NaF rinses. *Arch Oral Biol.*, 57:525–530.
- McBride, J.W, Maul, C. (2004). The 3D measurement and analysis of high precision surfaces using con-focal optical methods. *IEICE Transactions on Electronics* E87:1261–71.
- McGaughey, C., Stowell, E.C. (1977). Effects of polyphosphates on the solubility and mineralization of HA: relevance to a rationale for anticaries activity. *J Dent Res*, 56: 579–587.
- Meyer-Lueckel, H, Paris, S, Kielbassa, A.M. (2007). Surface layer erosion of natural caries lesions with phosphoric and hydrochloric acid gels in preparation for resin infiltration. *Caries Res.*, 41(3):223–30.
- Miake, Y, Saeki, Y, Takahashi, M, Yanagisawa, T. (2003). Remineralization effects of xylitol on demineralised enamel. *J Electron Microsc.*, 52:471-6
- Mikulewicz, M, Szymkowski, J, Matthews-Brzozowska, T. (2007). SEM and profilometric evaluation of enamel surface after air rotor stripping—an in vitro study, *Acta Bioeng Biomech*, 9: 11-7
- Milli Eğitim Bakanlığı (2011) Metal Teknolojisi- Sertlik Ölçme Yöntemleri Modülü
Erişim: 02/05/2021 adresi
http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Sertlik%20%C3%96l%C3%A7me%20Y%C3%B6ntemleri.pdf
- Milly, H., Festy, F., Andiappan, M., Watson, T.F., Thompson, I., Banerjee, A. (2015). Surface pre-conditioning with bioactive glass air-abrasion can enhance enamel white spot lesion remineralization, *Dent. Mater.* 31:522–533.
- Mohammadipour, H.S., Maghrebi, Z.F., Ramezani, N., Ahrari, F. and Daluyi, R.A. (2019). The effects of sodium hexametaphosphate combined with other remineralizing agents on the staining and microhardness of early enamel caries: An in vitro modified pH-cycling model. *Dent Res J (Isfahan)*, Nov-Dec; 16(6): 398–406.

- Mohimnd, H.B., Kaaouara, Y., Azaroual, F., Zaoui, F., Bahije, L., Benyahia, H. (2019). Enamel protection after stripping procedures: An in vivo study, *International Orthodontics*, 17: 243–248.
- Mor, B.M., Rodda, J.C. (1980). Histopathology of artificial carious lesions produced by lactate buffers with additives. *Journal of Dental Research*, 59:1785
- Moradian-Oldak, J. (2012). Protein-mediated enamel mineralization. *Front Biosci (Landmark Ed)* 17:1996–2023
- Najibfard, K, Karthikeyan, R, Chedjieu, I, Amaechi, B.T. (2010). In Situ Remineralization of Early Caries Lesions by Nano-hydroxyapatite Dentifrice. 88th General Session & Exhibition of the IADR, July p. 14-17.
- Nakashima, S, Yoshie, M, Sano, H, Bahar, A. (2009). Effect of a test dentifrice containing nano-sized calcium carbonate on remineralization of enamel lesions in vitro. *J Oral Sci*, 51:69-77.
- Nongonierma, A.B, Fitzgerald, R.J. (2012). Biofunctional properties of caseinophosphopeptides in the oral cavity. *Caries Res*, 46(3):234-67.
- Oliveira-Junior OB, Buso L, Fujiy FH, Lombardo GH, Campos F, Sarmento HR, Souza RO. (2013). Influence of polishing procedures on the surface roughness of dental ceramics made by different techniques. *Gen Dent*. 2013;6:4-8.
- Paris, S., Meyer-Lueckel, H., Kielbassa, A.M. (2007). Resin infiltration of natural caries lesions. *J Dent Res.*, 86(7):662–6. 15.
- Paris, S, Hopfenmuller, W, Meyer-Lueckel, H. (2010). Resin infiltration of caries lesions: an efficacy randomized trial. *J Dent Res*, 89(8):823–6.
- Parkinson, C.R., Siddiqi, M., Mason, S., Lippert, F., Hara, A.T., Zero, D.T. (2017). Anticaries potential of a sodium monofluorophosphate dentifrice containing calcium sodium phosphosilicate: exploratory in situ randomized trial. *Caries Res*, 51: 170–17
- Peck, H, Peck, S. (1972). An index for assessing tooth shape deviations as applied to the mandibular incisors. *Am J Orthod*, 61: 384- 401.
- Philip N: State of the Art Enamel Remineralization Systems: The Next Frontier in Caries Management. *Caries Res* 2019;53:284-295.
- Phulari, B.S. (2011). *Orthodontics- Principles and practice. Methods of gaining space.* New Delhi: Ajanta Offset and Packagings Ltd, p. 303-5.

- Piacentini, C., Sfondrini, G. (1996). A scanning electron microscopy comparison of enamel polishing methods after air-rotor stripping. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 109:57-63.
- Pooja Harish, S., Karunakara, B.C., Sumitra, R. (2020). Comparison of Interproximal Reduction Techniques and Proximal Strips: An Atomic Force Microscopic and Confocal Microscopic Study. *Journal of Indian Orthodontic Society*, 54(1) 44–48, 2020
- Prajapati, S., Ruan, Q., Mukherjee, K., Nutt S., Moradian-Oldak, J. (2018). The presence of MMP-20 reinforces biomimetic enamel regrowth. *J Dent Res*, 97: 84–90.
- Prasad, M., Butler, W.T., Qin, C. (2010). Dentin sialophosphoprotein in biomineralization. *Connect Tissue Res*, 51: 404–417.
- Quinonez, R. B., Stearns, S. C., Talekar, B. S., Rozier, R. G., Downs, S. M. (2006). Simulating cost-effectiveness of fluoride varnish during well-child visits for Medicaid-enrolled children. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 160(2), 164-70
- Rakosi, T., Graber, T. (2010). Orthodontic and dentofacial orthopedic treatment. Stuttgart; New York: Thieme, p. 289-95.
- Rambo, J. (2007). The Long-Term Stability of Interproximal Reduction in Mandibular Incisors. St. Louis University, Master of Science Thesis,
- Rao, V., George, A.M., Sahu, S.K., Krishnaswamy, N.R. (2011). Surface roughness evaluation of enamel after various stripping methods by using profilometer. *Arch Oral Sci Res*, 1:190-7.
- Reynold, E.C., Cai, F., Shen, P., Walker, G.D. (2002). Retention of plaque and remineralization of enamel lesions by various forms of calcium in mouthrinses or sugar free chewing gum. *J Dent Res*, 82:206-211
- Reynolds, E. (2008). Calcium phosphate-based remineralization systems: scientific evidence? *Australian Dental Journal*, 53(3), 268–273. doi:10.1111/j.1834-7819.2008.00061.x
- Rossouw, P.E, Tortorella, A. (2003). Enamel reduction procedures in orthodontic treatment. *J Can Dent Assoc*, 69:378-83

- Roveri, N., Battistella, E., Bianchi, C.L. (2009a). "Surface Enamel Remineralization: Biomimetic Apatite Nanocrystals and Fluoride Ions Different Effects," *Journal of Nanomaterials* , Article ID 746383 doi:10.1155/2009/746383.
- Roveri, N., Foresti, E., Lelli, M., Lesci, I.G. (2009b). Recent advancements in preventing teeth health hazard: The daily use of hydroxyapatite instead of fluoride. *Recent Pat Biomed Eng*, 2:197-215.
- Ruan, Q, Moradian-Oldak, J. (2015). Amelogenin and enamel biomimetics. *J Mater Chem B*. 3: 3112–3129.
- Sarkar, J., Simanian, E.J., Tuggy, S.Y., Bartlett, J.D., Snead, M.L., Sugiyama, T. (2014). Comparison of two mouse ameloblast-like cell lines for enamel-specific gene expression. *Front. Physiol*. 5:277. doi: 10.3389/fphys.2014.00277
- Schlee, M., Schad, T., Koch, J.H., Cattin, P.C., Rathe, F. (2018): Clinical performance of self-assembling peptide P11-4 in the treatment of initial proximal carious lesions: a practice-based case series. *J Investig Clin Dent*, 9:e12286.
- Schmidlin, P., Zobrist, K., Attin, T., Wegehaupt, F. (2016). In vitro re-hardening of artificial enamel caries lesions using enamel matrix proteins or self-assembling peptides. *J Appl Oral Sci*, 24(1):31–36.
- Sehgal, M., Sharma, P., Juneja, A., Kumar, P., Verma, A., Chauhan, V. (2019). Effect of different stripping techniques on pulpal temperature: in vitro study. *Dental Press J Orthod.*, Jan-Feb;24(1):39-43
- Sensabaugh, C., Sagel, M.E. (2009). Stannous fluoride dentifrice with sodium hexametaphosphate: Review of laboratory, clinical and practice-based data. *J Dent Hyg*. 83: 70–8.
- Sezici, Y.L., Yetkiner, E., Yetkiner, A.A., Eden, E., Attin, R. (2021) Comparative evaluation of fluoride varnishes, self-assembling peptide-based remineralization agent, and enamel matrix protein derivative on artificial enamel remineralization in vitro. *Progress in Orthodontics* 22:4
- Sheridan, J.J. (1985). Air-rotor stripping. *J Clin Orthod*, 19 :43-59.
- Sheridan, J.J. (1987). Air-rotor stripping update. *J Clin Orthod*, 21: 781-88.
- Sheridan, J.J., Ledoux P.M. (1989). Air-rotor stripping and proximal sealants, An SEM evaluation. *J Clin Orthod*, 23(12):790-4.

- Sheridan, J.J., Armbruster P. (2005). Appliances for Retention and Tooth Movement In: Graber TM, Vanarsdall RL. Orthodontics: current principles and techniques. 4th ed. St. Louis: Elsevier Mosby, p.1161-62.
- Sheridan, J.J., Chudasama D. (2007). Guidelines for contemporary Air-Rotor Stripping. J Clin Orthod, 41:315-20.
- Sheridan, J.J., Chudasama D. (2008). Interviews John J. Sheridan on Air-Rotor Stripping. J Clin Orthod, 42:381-8.
- Shimokawa, H., Tamura, M., Ibaraki, K., Ogata, Y., and Sasaki, S. (1989). "Human amelogenin gene," in Tooth Enamel V, ed R. W. Fearnhead (Yokohama: Florence Publishers), 301–305.
- Singh, G. Juneja, T. (2007). Textbook of orthodontics. In: Methods of gaining space. 2nd edition. New Delhi: Ajanta Offset and Packagings Ltd., p. 230-5.
- Soares, R., De Ataíde, I. D. N., Fernandes, M., Lambor, R. (2017). Assessment of Enamel Remineralisation After Treatment with Four Different Remineralising Agents: A Scanning Electron Microscopy (SEM) Study, Journal of Clinical and Diagnostic Research ,11(4), 136-141.
- Sousa, J., Carvalho, R.G., Barbosa-Martins, L.F., Tersariol, I.L., Nascimento F.D., Puppin-Rontani, R.M. (2017). Peptide P11-4 acts as a nucleator of hydroxyapatite crystals formation. J Dent Res. 96(Spec. Iss. A): 3297.
- Sudjalim, T.R., Wood, M.G., Manton, D.J. (2007). Prevention of demineralization around orthodontic brackets in vitro. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 131:705.e1-9
- Sugsompian, K., Tansalarak, R., and Piyapattamin, T. (2020) Comparison of the Enamel Surface Roughness from Different Polishing Methods. Scanning Electron Microscopy and Atomic Force Microscopy Investigation Eur J Dent, May; 14(2): 299–305
- Sun, M., Wu, N., Chen, H. (2017). Laser-assisted Rapid Mineralization of Human Tooth Enamel. Sci Rep, 7(1):9611.
- Takahashi, F., Kurokawa, H., Shibasaki, S., Kawamoto, R., Murayama, R., Miyazaki, M. (2016). Ultrasonic assessment of the effects of self-assembling peptide scaffolds on preventing enamel demineralization. Acta Odontol Scand., 74(2):142–147.

- Takeshita, E.M., Exterkate, R.A., Delbem, A.C., ten Cate, J.M. (2011). Evaluation of different fluoride concentrations supplemented with trimetaphosphate on enamel de- and remineralization in vitro. *Caries Res*, 45: 494–497.
- Takeshita, E.M., Danelon, M., Castro, L.P., Sasaki, K.T., Delbem, A.C. (2015). Effectiveness of a toothpaste with low fluoride content combined with trimetaphosphate on dental biofilm and enamel demineralization in situ. *Caries Res*, 49: 394–400.
- Ten Cate, J.M., Arends, J. (1980). Remineralization of artificial enamel lesions in vitro: III. A study of the deposition mechanism. *Caries Res*, 14(6):351–8
- Ten Cate, J.M. (1990). “In vitro” studies on the effects of fluoride on de and remineralization, *J Dent Res*, 69:614–619
- Ten Cate, J.M., Larsen, M.J., Pearce, E.I.F., Fejerskov, O. (2008). Chemical interactions between the tooth and oral fluids. In: Fejerskov O, Kidd E (ed). *Dental caries – The disease and its clinical management*. 2nd ed. Oxford: Blackwell Munksgaard; chap. 12.
- Tenuta, L.M.A, Cury, J.A. (2010). Fluoride: its role in dentistry. *Braz Oral Res.*, 24(1):9-17.
- Thomas, S.S., Mallia, R.J., Jose, M., Subhash, N. (2008). Investigation of in vitro dental erosion by optical techniques. *Lasers in Medical Science*, 23:319–29.
- Tompkins, K., and Veis, A. (2002). Polypeptides translated from alternatively spliced transcripts of the amelogenin gene, Devoid of the Exon 6a, B, c Region, have specific effects on tooth germ development in culture. *Connect. Tissue Res*. 43, 224–231. doi: 10.1080/03008200290001096
- Torres, C.R.G., Rosa, C. F. P., Ferreira, N.S., Borges, A.B. (2012). *Operative Dentistry*, 37-4, 363-369.
- TS EN ISO 14577-1,2,3,4 (2005). Metalik malzemeler – Sertlik ve malzeme parametreleri için aletli iz deneyi
- TS EN ISO 6506-1,2,3,4 (2007). Metalik malzemeler - Brinell sertlik deneyi
- TS EN ISO 6507-1,2,3,4 (2007). Metalik malzemeler - Vickers sertlik deneyi
- Tschoppe, P., Zandim, D.L., Martus, P., Kielbassa, A.M. (2011). Enamel and dentine remineralization by nano-hydroxyapatite toothpastes. *J Dent*, 39:430-7

- Tung, M.S., Eichmiller, F.C. (2004). Amorphous calcium phosphates for tooth mineralization. *Compend Contin Educ Dent* 25(9 Suppl 1): S9-S13.
- Tuverson, D.L. (1980). Anterior interocclusal relations. Part I. *Am J Orthod*, 78: 361-70.
- Urmia, S.M., Semnan, N.A. (2017). *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 152:295-6
- Valian A, Moezzyzadeh M, Moravejsalehi E. Role of Amorphous Calcium Phosphate in dentistry. *Beheshti Univ Dent J* 2014; 31(4): 243-253.
- Wang, Y., Mei, L., Gong, L., Li, J., He, S., Ji, Y., Sun, W. (2016). Remineralization of early enamel caries lesions using different bioactive elements containing toothpastes: an in vitro study. *Technol Health Care*, 24: 701–711.
- Weatherell, J.A., Deutsch, D., Robinson, C., Hallsworth, A.S. (1977). Assimilation of fluoride by enamel throughout the life of the tooth. *Caries Res.*, 11 Suppl 1:85–115
- Wiedemann-Bidlack, F. B., Kwak, S. Y., Beniash, E., Yamakoshi, Y., Simmer, J. P., and Margolis, H. C. (2011). Effects of phosphorylation on the self-assembly of native full-length porcine amelogenin and its regulation of calcium phosphate formation in vitro. *J. Struct. Biol.* 173, 250–260. doi: 10.1016/j.jsb.2010.11.006
- Wierichs, R. J., Kogel, J., Lausch, J., Esteves-Oliveira, M., Meyer-Lueckel, H. (2017). Effects of Self-Assembling Peptide P11-4, Fluorides, and Caries Infiltration on Artificial Enamel Caries Lesions in vitro. *Caries Research*, 51(5), 451–459. doi:10.1159/000477215
- Wilder-Smith, C.H., Wilder-Smith, P., Kawakami-Wong, H., Voronets, J., Osann, K., Lussi, A. (2009). Quantification of dental erosions in patients with GERD using optical coherence tomography before and after double-blind, randomized treatment with esomeprazole or placebo. *American Journal of Gastroenterology*. 104:2788–2795
- Yahya, Y.M., Rawi, N. (2020). Remineralizing Efficacy of Biomimetic Self-Assembling Peptide on Artificially Induced Enamel Lesions (In vitro Study) *Journal of Research in Medical and Dental Science* 2020, Volume 8, Issue 7, Page No: 407-412

- Yang, Y., Lv, X.P., Shi, W., Li, J.Y., Li, D.X., Zhou, X.D., Zhang, L.L. (2014). 8DSS-promoted remineralization of initial enamel caries in vitro. *J Dent Res*, 93: 520–524
- Yarbrough, D.K., Hagerman, E., Eckert, R., He, J., Choi, H., Cao, N., Le, K., Hedger, J., Qi, F., Anderson, M., Rutherford, B., Wu, B., Tetradis, S., Shi, W. (2010). Specific binding and mineralization of calcified surfaces by small peptides. *Calcif Tissue Int*, 86: 58–66.
- Zachrisson, B.U. (2004). Interdental papilla reconstruction in adult orthodontics. *World J Orthod*, 5: 67-73.
- Zachrisson, B.U., Nyoygaard, L., Mobarak, K. (2007). Dental health assessed more than 10 years after interproximal enamel reduction of mandibular anterior teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 131:162-9.
- Zachrisson, B.U., Minster, L., Ogaard, B., Birkhed, D. (2011). Dental health assessed after interproximal enamel reduction: Caries risk in posterior teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 139:90-8.
- Zaze, A.C.S.F., Dias, A.P., Sasaki, K.T., Delbem, A.C.B. (2014). The effects of low-fluoride toothpaste supplemented with calcium glycerophosphate on enamel demineralization. *Clin Oral Investig*, 18: 1619–1624.
- Zhong, M., Jost-Brinkmann, P.G., Radlanski, R.J., Miethke, R.R. (1999). SEM evaluation of a new technique for interdental stripping. *J Clin Orthod*, 33:286-92.