



T.C.
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
GÜLHANE DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI

**FARKLI YÖNTEMLERLE TEDAVİ EDİLEN EROZYONLU
MİNE YÜZEYİNE UYGULANAN ORTODONTİK
BRAKETLERİN BAĞLANMA DAYANIMLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

Dt. Alaattin TEKELİ

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

**ANKARA
2018**



T.C.
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
GÜLHANE DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI

**FARKLI YÖNTEMLERLE TEDAVİ EDİLEN EROZYONLU
MİNE YÜZEYİNE UYGULANAN ORTODONTİK
BRAKETLERİN BAĞLANMA DAYANIMLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

Dt. Alaattin TEKELİ

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

**DANIŞMAN
DoÇ. Dr. Serkan GÖRGÜLÜ**

**ANKARA
2018**

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı'na;

"Farklı Yöntemlerle Tedavi Edilen Erozyonlu Mine Yüzeyine Uygulanan Ortodontik Braketlerin Bağlanma Dayanımlarının Karşılaştırılması" konulu bu çalışma jürimiz tarafından Ortodonti Anabilim Dalı'nda Diş Hekimliğinde Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.


Tez Danışmanı: Doç. Dr. Serkan GÖRGÜLÜ

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi
Ortodonti AD. Bşk.

Üye: Prof. Dr. Şeniz KARAÇAY
Sağlık Bilimleri Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Ortodonti AD. Bşk.



Üye: Doç. Dr. Fidan ALAKUŞ SABUNCUOĞLU
Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi
Ortodonti AD. Öğ. Üy.



ONAY: Dt. Alaattin TEKELİ 'nin 29.05.2018 tarihinde savunduğu bu tez Akademi Kurulu'nca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Serpil KARAOĞLANOĞLU
Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi Dekan V.

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tezimin her aşamasında büyük bir sabır ve titizlikle bana yardımcı olan ve yol gösteren; her konuda anlayış ve hoşgörüsüyle desteğini hissettiğim danışman hocam **Sayın Doç. Dr. Serkan GÖRGÜLÜ**'e,

Tezimin hazırlanması sırasındaki içten yardımları ve desteği, uzmanlık eğitimime yapmış olduğu katkılarından dolayı **Sayın Doç. Dr. Fidan ALAKUŞ SABUNCUOĞLU**'a

Uzmanlık eğitimim sırasında bana destek ve yardımcı olan **Uzm. Dt. Gökhan Serhat DURAN** ve **Uzm. Dt. Burak ÖRSÇELİK**'e

Eğitimim süresince beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum tüm asistan ve uzman arkadaşlarıma,

Tezimin deney malzemelerini sağlamamda yardımını esirgemeyen Yeditepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Anabilim Dalı'ndan **Sayın Yrd. Doç. Dr. Güleğül DUMAN**'a,

Tezimin tüm aşamalarında yanımda olan ve beni hep destekleyen yardımını hiç esirgemeyen eşim **Pınar TEKELİ**'e, canım oğlum **Can TEKELİ**'e ve canım kızım **Ece TEKELİ**'ye

Hayatım boyunca bana destek olup bugünlere gelmemi sağlayan canım anneme, babama ve ablam **Doç. Dr. Atike TEKELİ KUNT**'a sonsuz teşekkür eder, sevgi ve saygılarımı sunarım.

Alaattin TEKELİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMALAR	iv
TABLolar DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. MİNE DOKUSU	3
2.2. DİŞ EROZYONU	5
2.2.1. Diş Erozyonun Tanımı	5
2.2.2. Diş Erozyonu Epidemiyolojisi	6
2.2.3. Diş Erozyonunun Etiyolojisi	7
2.2.4. Diş Erozyonunun Oluşma Mekanizması.....	13
2.2.5. Diş Erozyonunun Teşhisi	17
2.2.6. Diş Erozyon İndeksleri.....	19
2.2.7. Diş Erozyonunda Tedavi Yaklaşımları	21
2.2.8. Eroziv Yüzey Analiz Yöntemleri.....	29
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	35
3.1. ETİK KURUL ONAYI	35
3.2. DİŞ ÖRNEKLERİNİN HAZIRLANMASI VE SAKLANMASI.....	35
3.3. ÇALIŞMA SOLÜSYONLARININ HAZIRLANMASI.....	38
3.3.1. Erozyon Solüsyonunun Hazırlanması	38
3.3.2. Yapay Tükürük Solüsyonunun Hazırlanması	38
3.4. ÇALIŞMA GRUPLARININ OLUŞTURULMASI.....	39
3.5. EROZYON/REMİNERALİZASYON SİKLUSU.....	40
3.6. DİŞLERİN BRAKETLENMESİ	46
3.7. TERMAL SİKLUS İŞLEMİNİN YAPILIŞI	47

3.8. MAKASLAMA DAYANIM TESTİNİN UYGULANMASI	48
3.9. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM) İNCELEMESİNİN YAPILIŞI	49
3.10. İSTATİSTİKSEL ANALİZ	50
4. BULGULAR.....	51
4.1. MAKASLAMA DAYANIMI TESTİ BULGULARI.....	51
4.2. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM) BULGULARI.....	55
5. TARTIŞMA	61
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	90
7. KAYNAKLAR	92
8. EK ETİK KURUL ONAYI	121

KISALTMALAR

APF	: Asitlendirilmiş Fosfat Florid
BEWE	: Basic Erosive Wear Examination (temel eroziv aşınma indeksi)
Ca	: Kalsiyum
CaCl₂H₂O	: Kalsiyum klorür
CaF₂	: Kalsiyum florid
Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂	: Hidroksiapatit
Ca₁₀(PO₄)₆F₂	: Florapatit
CO₂	: Karbondioksit
CO₃	: Karbonat
Cm	: Santimetre
°C	: Santigrat derece
CPP-ACP	: Kazein fosfopeptit amorf kalsiyum fosfat
dk	: dakika
EDTA	: Etilen diamin tetra asetik asit
FAP	: Fluoroapatit
gr	: gram
GÖR	: Gastroözefageal Reflü
GÖRH	: Gastroözefageal Reflü Hastalığı
H⁺	: Hidrojen İyonu
HA	: Hidroksiapatit
J	: Joule
LASER	: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
Na	: Sodyum
NaF	: Sodyum florid
N	: Newton
µm	: Mikrometre
nm	: Nanometre
mm	: Milimetre

mM	: Milimolar
mg	: Miligram
Mpa	: Megapaskal
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
sn	: Saniye
OH⁻	: Hidroksil
pH	: Asit-Baz değeri
PO₄	: Fosfat
ppm	: Parts per million
QLF	: Quantitative light-induced fluorescence
SnF₂	: Kalay florid
TiF₄	: Titanyum tetra fluorid
TWI	: Tooth Wear Index
W	: Watt

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa No:
Tablo 2.1: Smith & Knight Diş Aşınma İndeksi	20
Tablo 2.2: Temel eroziv aşınma indeksi (BEWE)	21
Tablo 4.1: Çalışma Gruplarının makaslama tipi bağlanma dayanımı değerleri	52
Tablo 4.2: Grupların makaslama tipi bağlanma dayanımı değerlerinin ortalama, standart sapma, en düşük ve en yüksek değer aralıkları sonuçları.	53
Tablo 4.3: Grupların bağlanma dayanımı test ölçümlerinin ortalamalarının gruplar arası karşılaştırılması. Tukey çoklu karşılaştırma testi.	53

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No:

Şekil 2.1: Asitli içecekler (pH<4,5) nedeniyle diş yüzeyinde oluşan mineral kaybı.....	14
Şekil 2.2: Dentin üzerinde eroziv demineralizasyonun ilerleme süreci (enine ve boyuna kesit görünümleri).	15
Şekil 3.1: Dişlerin profilaksi fırçasıyla temizlenmesi (A), dişlerin mikromotor ve elmas separe yardımıyla kron ve kök kısımlarının ayrılması (B-C),	36
Şekil 3.2: Timollü suda bekletilen dişler.....	37
Şekil 3.3: Dişlerin metal bloklara gömülmesi ve aside dirençli cilanın uygulanması.	37
Şekil 3.4: Çalışma gruplarının oluşturulması.	39
Şekil 3.5: % 1.23 Asitlendirilmiş Fosfat Florid jel.....	41
Şekil 3.6: % 1.23 Asitlendirilmiş Fosfat Florid jel+Diyod Lazer	41
Şekil 3.7: CPP-ACP içerikli MI Paste Plus.....	42
Şekil 3.8: Nano Hidroksiapatit içerikli Diş Macunu Biorepair	42
Şekil 3.9: Örneklere Diyod Lazerin Uygulanması	44
Şekil 3.10: Braketlerin yapıştırılmasında kullanılan gereçler	46
Şekil 3.11: Light Emiting Diode (LED) ışık cihazı.....	47
Şekil 3.11: Termal siklus cihazı	47
Şekil 3.12: Instron Universal test cihazı, Elista, İstanbul, Türkiye	48
Şekil 3.13: SEM örneğinin hazırlanması.....	49
Şekil 3.14: Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) cihazı.	49
Şekil 3.15: Au-Pd-Platin kaplama cihazı.	50
Şekil 3.16: Au-Pd-Platin kaplanmış SEM örneği.....	50
Şekil 4.1: Çalışma gruplarına ait bağlanma dayanımlarının grafiksel gösterimi.....	54
Şekil 4.2: Çalışma gruplarının belirli kuvvetlerde kopma olasılığını gösteren grafik.....	54

Şekil 4.3:	Sağlam mine (Negatif kontrol grubu) örneğinin hiçbir uygulama yapılmamış x1000 büyütmedeki SEM görüntüsü.....	55
Şekil 4.4:	Erozyon solüsyonu sonrası hiçbir uygulama yapılmamış örneklerin x1000 büyütmedeki SEM görüntüsü.....	56
Şekil 4.5:	Erozyon sonrası flor jeli uygulaması yapılan örneğin x1000 büyütmedeki SEM görüntüsü.....	57
Şekil 4.6:	Erozyon sonrası flor+Diyod lazer uygulaması yapılan örneğin x1000 büyütmedeki SEM görüntüsü.....	58
Şekil 4.7:	Erozyon sonrası CPP-ACPF içerikli MI Paste Plus patı uygulanmış örneğin x1000 büyütmedeki SEM görüntüsü.....	59
Şekil 4.8:	Erozyon sonrası nanohidroksiapatit içerikli Biorepair Diş macunu uygulanmış örneğin x1000 büyütmedeki SEM görüntüsü.....	60

ÖZET

FARKLI YÖNTEMLERLE TEDAVİ EDİLEN EROZYONLU MİNE YÜZEYİNE UYGULANAN ORTODONTİK BRAKETLERİN BAĞLANMA DAYANIMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Bu çalışmanın amacı, insan daimi dişleri üzerinde erozyona uğratılmış mine yüzeylerine farklı remineralizasyon ajanları ile tedavisi sonrası uygulanan ortodontik braketlerin bağlanma dayanımlarının incelenmesi ve sonucunda hangi tedavi yönteminin daha etkin olduğunu değerlendirmektir.

Bu in vitro çalışma 120 adet küçük azı dişi ile gerçekleştirildi. Çalışma grupları 20 'şer dişin bulunduğu 6 gruba ayrıldı. Bu gruplar flor içerikli APF jeli (Grup F), flor içerikli APF jeli+ Diyod lazer (Grup F+D), CPP-ACP içerikli MI Paste Plus (Grup M), nano-hidroksiapatit içerikli Biorepair Diş macunu (Grup B), hiçbir işleme maruz bırakılmamış sağlam mine yüzeyli negatif kontrol grubu (Grup NK) ve sadece erozyona uğratılmış pozitif kontrol (Grup PK) grubu olacak şekilde belirlendi.

Tüm örneklerde erozyon remineralizasyon siklusu uygulanmış olup, dişler %1 sitrik asit (pH:2,45) ile erozyona uğratılıp, erozyona uğratılmış dişlere farklı remineralizasyon ajanları ile tedavi yöntemleri uygulandı. Erozyon remineralizasyon siklusuna tabi tutulmuş dişlere uygun koşullarda ve aynı standartlarda ortodontik braketleri yapıştırılıp sonrasında braketler universal test cihazı ile 0,5 mm/dk. hız ile kırılarak braket bağlanma dayanımı değerleri tespit edildi. Çalışma verilerinin istatistiksel analizi için SPSS (Statistical Package for Social Sciences, SPSS for Window 17.0, IBM, USA) paket programı kullanıldı. Çoklu grup karşılaştırmalarda ANOVA testi, Post Hoc (ileri ikili) karşılaştırmalarda Tukey testi kullanıldı. Grup içi çoklu karşılaştırmalarda tekrarlayan ölçümlerde ANOVA, grup içi ikili karşılaştırmalarda bağımlı gruplarda T testi kullanıldı.

İstatistiksel analizde; gruplar arasında ortodontik braketlerin bağlanma dayanımı değerleri yönünden istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,001$). Grupların erozyon- remineralizasyon siklusu sonrası uygulanan ortodontik braketlerin bağlanma dayanımı değerlerinde yapılan ileriki karşılaştırmalarda Grup M (MI Paste Plus) ve Grup B (Biorepair) arasında fark olmadığı ($p=0,375$), bunun haricindeki tüm diğer ikili

karşılaştırmalarda anlamlı fark olduğu saptandı ($p<0,001$). Grupların erozyon remineralizasyon sonrası uygulanan ortodontik braketlerin bağlanma dayanımı değerleri açısından sıralaması ise; Grup NK (Sağlam mine)>Grup B (Biorepair)~Grup M (MI Paste Plus)>Grup F+D (Flor+Diyod Lazer)>Grup F (Flor Grubu)>Grup PK (Erozyonlu Mine) şeklindedir.

Sonuç olarak bağlanma dayanımı değerleri incelenerek elde edilen verilere göre mine yüzeyindeki erozyonun remineralizasyon tedavisi açısından ve braketlerin bağlanma dayanımını en etkin arttıran ajan Biorepair (Grup B) olarak belirlenirken, pozitif kontrol grubu (Grup PK) haricinde tüm gruplarda uygulanan remineralizasyon materyallerinin, erozyona uğramış diş yüzeylerinin bağlanma dayanımı değerlerini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttırdığı belirlendi.

Anahtar kelimeler: Mine, erozyon, remineralizasyon, nano-hidroksiapatit, CPP-ACP, bağlanma dayanımı.

ABSTRACT

THE COMPARISON OF SHEAR BOND STRENGTH OF ORTHODONTIC BRACKETS APPLIED TO ERODED ENAMEL SURFACE TREATED WITH DIFFERENT METHODS

The aim of this study was to evaluate the shear bond strength of orthodontic brackets which has applied with different remineralization agents on the surface of eroded enamel surfaces on human permanent teeth.

This in vitro study was performed with 120 premolars. The study groups were divided into 6 groups each containing 20 teeth. These groups were designated as fluoride containing APF gel (Group F), fluoride containing APF gel + Diode Laser (Group F + D), CPP-ACP containing MI Paste Plus (Group M), nano-hydroxyapatite containing Biorepair Toothpaste (Group B), negative control group (Group NK) was determined by normal untreated enamel surfaces whereas positive control group (Group PK) was determined by eroded enamel surfaces.

Erosion remineralization cycle was applied to all samples; eroded with 1% citric acid (pH: 2.45) and treated with different remineralization agents. Orthodontic brackets were bonded to the teeth prepared to erosion remineralization cycle under the same conditions and in the same standards, then brackets were debonded with a universal tester at a speed of 0.5 mm / min and bracket shear bond strength values were determined. Statistical analysis of the data was performed using SPSS (Statistical Package for Social Sciences, SPSS for Windows 17.0, IBM, USA). ANOVA test was used in multiple group comparisons, and Tukey test was used in Post Hoc (forward binary) comparisons. ANOVA was used for repeated measures in the intra-group multiple comparisons, and T-test was used for the groups in the intra-group binary comparisons.

In statistical analysis; there was a statistically significant difference between groups in terms of the shear bond strength values of the orthodontic brackets ($p < 0,001$). There was no statistically significant difference between Group M (MI Paste Plus) and Group B (Biorepair) ($p = 0,375$) in the comparison of the shear bond strength values of orthodontic brackets applied after erosion- remineralization of the

groups and it was found that, there was a significant difference in all other binary comparisons ($p < 0,001$). The sequence in terms of the shear bond strength values of orthodontic brackets applied after erosion remineralization of the groups were; Group NK (Healthy enamel) > Group B (Biorepair) ~ Group M (MI Paste Plus) > Group F+D (Fluoride+Diyod Laser) > Group F (Fluoride Group) > Group PK (Eroded enamel).

As a result, according to the data obtained by examining the shear bond strength values and the treatment results of the eroded enamel surfaces, the most effective remineralization agent was found to be Biorepair (Group B). It was determined that remineralization materials applied in all groups except the positive control group (Group PK) increased the shear bond strength values of the eroded tooth surfaces statistically significantly.

Keywords: Enamel, erosion, remineralization, nano-hydroxyapatite, CPP-ACP, Shear Bond Strength

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Dental erozyon bakteriyel etken olmadan sadece kimyasal bir etken ile oluşan sert doku kaybıdır (1). Erozyon diş hekimliğinde yıllarca az ilgi duyulan ve erken dönem tanısı atlanılan bir durum olmuştur. Yaşam koşullarının değişmesiyle asitli yiyecek ve içeceklerin tüketim miktarı ve sıklığı günümüzde artış göstermektedir (2). Bu artışın sonucunda dental erozyonun etyolojisi, prevalansı ve tedavisine yönelik yaklaşımlar da giderek önem kazanmaktadır (3).

Dental erozyonu önlemede asitli yiyecek içecek tüketim sıklığını ve miktarını azaltmak, sistemik nedenlere bağlı oluşan asidi tedavi etmek başvurulan yaklaşımlardandır (4). Dişi asit ataklarına karşı korumak için flor preparatların kullanımı önerilmektedir (4-6). Flor dişe uygulandığında diş yüzeyinde zayıf bağlı kalsiyum Florid (CaF_2) kristalleri oluşturarak yüzeyi tekrarlayan demineralizasyona karşı korur ve flor rezervuarı olarak rol oynar. Aynı zamanda floropatit ve florhidroksiapatit oluşumuyla minerallerin tekrar yüzeye tutunmasını sağlar (7). Bu tutunma flor preparatı asidik olduğunda daha da artmaktadır (8). Bu nedenle asitlendirilmiş fosfat florid (APF) gibi asidik preparatlar dental erozyonu önlemede daha etkili bulunmuştur (9).

Remineralizasyon amacı ile flor ajanları dışında lazer uygulamaları, flor içermeyen farklı içerikli diş macunları, kazeinfosfopeptit-amorfkalsiyum fosfat içeren preparatlar araştırılmıştır (10, 11). Lazer uygulaması ile yüzeyde erime ve rekristalizasyon gibi morfolojik değişiklikler meydana gelerek yüzeyin asit ataklarından etkilenmediği bildirilmiştir (12-14). Flor sonrası lazer uygulaması ile yüzeyde morfolojik değişikliklerin yanı sıra flor alımı artmakta ve böylece diş yüzeyi asit ataklarına karşı daha dirençli hale gelmektedir (15-17).

Son yıllarda ise hidroksiapatit içerikli ürünler araştırılmış ve bu amaçla kullanılmaya başlanmıştır. Hidroksiapatit içeren ürünlerin diş sert dokuları ile biyoyumluluğunun fazla olması nedeniyle hidroksiapatit partikülleri zamanla nano boyutta üretilmeye başlanmış ve remineralizasyon çalışmalarındaki yerini almıştır (10). Nano boyuttaki hidroksiapatit partikülleri ile diş orijinali gibi onarmanın

mümkün olabileceği düşünülmüştür. Böylece nano-hidroksiapatitlerin üretilmesi sağlanmış ve erozyon çalışmalarındaki yerini almıştır (10, 18, 19).

Sabit ortodontik tedavide, braketter dişlerin mine yüzeyine çeşitli yapıştırıcılar ile yapıştırılmaktadır. Bu konudaki çalışmalar daha çok ortodontik tedavide hangi braket-yapıştırıcı kombinasyonunun optimal yapışma gücü sağladığını belirlemek üzerine yapılmıştır. Erozyon sonucunda morfolojik yapısı değişen mine üzerine uygulanan braketterin tutuculuğu ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Ortodontik tedavi öncesinde erozyona uğramış diş minesine uygulanan çeşitli remineralizasyon ajanlarının diş minesindeki erozyonu ne derecede önlediği ve braket tutuculuğunu ne oranda etkilediği klinik uygulamalar için önem taşımaktadır.

İn vitro çalışmamızın amacı, erozyona uğratılmış dişlerin mine yüzeylerine dört farklı remineralizasyon ajanlarının (Flor, Flor+Diyod Lazer, MI Paste Plus, Biorepair Diş Macunu) tedavisi sonrası; uygulanan ortodontik braketterin, bağlanma dayanımlarının incelenmesi sonucunda alınan verilerle hangi tedavi yönteminin daha etkin olduğunu değerlendirmektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. MİNE DOKUSU

Mine, ektoderm tabakasından köken alan ve ameloblast hücreleri tarafından meydana getirilen en sert diş dokusudur. Mine dokusu diş kuronunun dış yüzeyini kaplayan koruyucu bir tabaka görevi görmektedir (20). Ameloblastlar, diş kuronunun mine dokusuyla kaplanması işlemini tamandıktan sonra fonksiyonlarını yitirmektedirler. Bu bağlamda, formasyon sonrası zarar gören mine dokusu kendisini yenileyememekle birlikte yalnızca mineral kayıp ya da kazanca cevap verebilmektedir (21).

Mine tabakası, insizal kenar ve okluzal yüzeylerde oldukça kalın olup, kole bölgesine doğru giderek incelerek, sement sınırında sonlanmaktadır. Servikal marjinde keskin bir sınırla sonlanan mine tabakasının kalınlığı, tüberkül tepesi ve kesici kenarda kalın (yaklaşık 2,5 mm), dişin lateral yüzeylerinde ise daha ince (yaklaşık 1,3 mm) olduğu görülmektedir (21).

Mine tabakası aynı zamanda yarı geçirgen membran görevi görmekte, bazı moleküllerin yarı geçirgen membrandan geçişine izin vermezken, kalsiyum (Ca) ve iyot (I) gibi elementlerin geçişine izin verdiği görülmektedir. Mine tabakasının rengi, grimsi beyaz ile sarımsı beyaz arasındaki rengi mine tabakasının kalsifikasyon derecesi ve homojenitesi ile ilişkili olup, mine tabakasının saydamlık derecesini belirlemektedir (22).

İnsan diş minesinin temel yapısını oluşturan kalsiyum hidroksiapatit; mine dokusunun %88-90'ını ve ağırlık olarak %95-99'unu oluşturmaktadır (23). Kalan kısmında; %2-3 su, %2 karbonat, %1 eser elementler (sodyum, magnezyum, potasyum, klor, çinko), %0,01-0,05 flor ve %1'den az protein ve lipitler oluşturmaktadır, hacimsel olarak %87,1'i inorganik, %11,5 'i su ve % 1,4'ü organik maddelerin oluşturduğu söylenebilmektedir (20).

Hidroksiapatit kristalleri, hekzagonal konfigürasyonda yerleşmiş kalsiyum (Ca), fosfat (PO_4) ve hidroksil (OH^-) gruplarından oluşan moleküllerden meydana gelmektedir. Hidroksiapatit, Ortokalsiyumfosfatın su ile reaksiyona girmesi sonucu

meydana gelmektedir ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$). Bu reaksiyona Sodyum (Na) iyonu, karbondioksit (CO_2) ve flor (F) iyonu katalizör olarak katılmaktadır. Moleküllerin yapısına eser miktarda karbonat (CO_3^{-2}), flor (F), klor (Cl), çinko (Zn), stronsiyum (Sr), magnezyum (Mg) ve alüminyum (Al) iyon ve elementleri de katılabilmektedir (24).

Dişin sert dokularının mineral fazı, saf hidroksiapatit olmayıp daha ziyade çok sayıda farklı iyonların dâhil edildiği bir kalsiyum eksik biyomateryalden ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) meydana gelmektedir. Hidrojen fosfat, karbonat ve magnezyum iyonlarının hidroksiapatit kafesi içerisine geçişi, bu apatiti daha az kararlı ve daha çözünebilir bir hale getirmektedir. Karbonat, dentin tabakasında (%5,5) mine tabakasından (%3) daha büyük bir oranda bulunduğu için dentin tabakası asit saldırılarına karşı daha hassastır (25).

Mine kristallerinin oluşum aşamasındada ilk olarak karbonat apatiti meydana gelmektedir. Bu nedenle olgun bir mine tabakasında bulunan kristallerin çekirdek kısmı (kor), periferiyal bölgelere oranla daha fazla karbonat ihtiva etmektedir. Karbonat apatitin, asitler karşısında direnci en az olan apatit olduğu da bilinmektedir (24).

Prizmatik bir yapıya sahip mine tabakasının inorganik bölümü esas olarak kimyasal molekül formülü $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$ olan hegzagonal hidroksiapatit kristallerinden meydana gelmektedir. Çapları 40 nm.'den küçük olan milyonlarca sayıda uzun ince hidroksiapatit kristallitleri bir araya gelerek 4-8 μ çapındaki mine prizmalarını oluşturmaktadır (26).

Her bir mine prizmasının çevresi, mineye özgü proteininden oluşan ve prizma kını adı verilen organik kılıfla sarılmıştır. Mine-dentin sınırından dişin yüzeyine doğru uzanan mine prizmaları, mine dokusundan alınan enine kesitlerde anahtar deliği şeklinde görülmektedir. Mine prizmalarının arasında, kristallerin oluşmadığı sıvıyla dolu por adı verilen küçük boşluklar bulunmaktadır. Porlar, mine tabakasının demineralizasyon ve remineralizasyon olaylarında asit ve iyon geçişini sağlamakla görevlidir (27, 28).

Ortamda serbest halde bulunan eser miktarda flor ve karbonat gibi negatif yüklü iyonlar ile sodyum, çinko, stronsiyum ve potasyum gibi pozitif yüklü iyonlar hidroksiapatit kristallerinin yapısına katılabilmektedir. Mine dokusunu oluşturan

kristallerin boyutu, biçimi ve düzeninin yanı sıra kristal yapısına katılan bu negatif ya da pozitif yüklü iyonlar, mine tabakasının asit ortamdaki çözünürlüğünü, dolayısıyla erozyon ya da çürüğe bağlı demineralizasyonunu etkilemektedir. Apatit yapıyı oluşturan hidroksil iyonlarının (OH^-) yerine flor iyonlarının (F^-) katılmasıyla meydana gelen florapatitin, asit ortamdaki çözünürlüğü hidroksiapatitten az olduğu görülmekle birlikte diğer yandan apatit yapıyı oluşturan fosfat iyonlarının (PO_4^{-3}) karbonat iyonları (CO_3^{-2}) ile yer değiştirmesi sonucunda oluşan karbonatlı apatitin çözünürlüğünün ise hidroksiapatitten fazla olduğu görülmektedir (28).

2.2. DİŞ EROZYONU

Diş erozyonu, diş hekimliğinde araştırmacılar tarafından uzun yıllar boyunca en az ilgi duyulan konulardan birisi olduğu görülmektedir. Günümüzde yaşam koşulları ve beslenme tarzının giderek değişmesi, asitli yiyecek ve içecek tüketiminin artması diş erozyonunun artmasına yol açmaktadır. Özellikle sosyo ekonomik düzeyi iyi olan toplumlarda özellikle gençlerde ve çocuklarda diş erozyonu daha sık görülmektedir. Dental erozyonda görülen artış diş hekimleri tarafından konunun daha fazla araştırılmasına neden olmuştur (2).

2.2.1. Diş Erozyonun Tanımı

Diş erozyonu; ortamda bakteriyel bir etken bulunmaksızın, asit ve/veya şelasyon yoluyla gerçekleşen, geri dönüşümsüz, patolojik, kronik veya lokalize şekilde dişin sert dokusunda meydana gelen kimyasal kayıptır (29, 30). Ağız içerisinde pH' 1, diş minesini için kritik bir pH değeri olan 5,5 pH' ın altına düştüğünde, asit ataklarının süresi ile sıklıklarına bağlı olarak değişen derecelerde diş minesini üzerinde erozyonlar meydana gelmektedir (31).

Diş erozyonunun patogenezi mikrobiyolojik açıdan bakteri içermeyen bir süreç olup karyojenik bakterilerin ürettiği asitlerin yol açtığı diş çürüklerinden farklıdır. Gelişmiş ülkelerde, diş sağlığını tehdit eden en büyük sorun olan diş çürüklerinin zaman içerisinde önüne geçilmesi ve diş erozyonuna yol açabilecek risk

faktörlerinin insan yaşamında daha fazla yer alması nedeniyle diş erozyonu konusuna daha fazla dikkat çekilmesine neden olduğu görülmektedir (32, 33).

Asidik ajan, mine dokusunda demineralizasyona neden olmakta ve remineralizasyonu engellemektedir. Bu durum kümülatif mine maddesi kaybına, yani erozyon oluşumuna neden olabilmektedir (33, 34).

Birçok nedene bağlı olarak meydana gelebilen eroziv lezyonlar diş üzerinde çok sık görülmektedir (30, 35). Diş yüzeyi temas ettiği yoğun asit ile diş yüzeyinde eroziv problemler başlamaktadır (36). Asit ataklarının uzun süre devam etmesi, diş yüzeyinde gözle görülür defektler meydana getirmektedir (37).

2.2.2. Diş Erozyonu Epidemiyolojisi

Diş erozyonu ilk olarak 19 yy' da rapor edilmiş olup varlığını git gide arttırarak günümüz gelişmiş toplumlar için önemli ortak bir sorun haline geldiği bildirilmiştir (38). Çalışmalar ışığında gelişmiş ve de gelişmekte olan ülkeler de yaşayan genç, çocuk ve erişkinlerde diş erozyonu görülme prevalansının çoğaldığı görülmektedir (36). Konuyla ilgili literatür taramalarında, yaşa göre sınıflandırılan prevalans değerleri; okula daha başlamamış olan çocuklarda bu değer %6-50 arasında olduğu, adolesanlarda ise %11-100 ve yetişkinlerde %4-82 değerleri arasında olduğu belirtilmektedir (39).

Konu ile ilgili yapılan İncelemelerde farklı standartların kullanılması (inceleyen kişinin/lerin kalibrasyonu, skorlama sistemi, dişin numarası ve yüzeyi) ve grupların kendi içerisinde homojen olmaması (yaş, cinsiyet, incelenen bireylerin sayısı, coğrafik konum) nedeniyle epidemiyolojik çalışmaların sonuçlarını karşılaştırmak oldukça güçtür (36). Ancak, diş erozyonu toplumun her kesiminde ve her yaş grubunda görülebilmektedir. Yüksek bir prevalansa sahip olan bu diş problemiyle günümüzde de sıkça karşılaşmaktadır. Geçmiş yıllarda dental erozyon konusunda çocuklar üzerinde yapılan epidemiyolojik araştırma sonuçları çocuklarda dental erozyon prevalansının %2-57 arasında olduğunu göstermektedir (36).

İstanbul'da okul çağındaki yaş grubu 11 olan 153 çocukla yapılan bir çalışmada, eroziv lezyonlar incelenmiştir. Çalışma sonucunda, çocukların %28'inde diş erozyonunun görüldüğü bildirilmiştir (40).

İsviçre'de yaşları 26 ile 30 arasında olan 391 bireyde yapılan bir çalışmada çalışma grubunun %7'sinde dişlerin fasiyal yüzündeki eroziv lezyonların dentin dokusuna ilerlediği ve %29'unda ise dentin dokusunu içine alan okluzal diş dokusunda kayıp meydana geldiği görülmüştür. İngiltere'de ise 1007 hasta üzerinde yapılan çalışmada yaşları 15 ile 26 arasında olan bireylerin %5'inde ve yaşları 56 ile 65 arasındaki bireylerin de %8'inde dentin dokusuna ilerlemiş erozyon varlığı tespit edilmiştir (41).

Ganss ve ark. (42), ortodonti teşhis modelleri üzerinde yaptıkları çalışmada yaşları 11 olan 1000 çocukta süt dişlerinde %70.6 oranında orta derecede erozyon, %26.4 oranında ise şiddetli erozyon saptamışlardır. Erozyon en çok molar dişlerin okluzal yüzlerinde kaninlerin ise bukkal yüzeylerinde görülmüştür. Sürekli dentisyonda ise %11.6 oranında orta derecede, %0.2 oranında ise ilerlemiş eroziv lezyonlar görülmüş, alt çenede birinci büyük azı dişleri en çok etkilenen dişler olmuştur. 5 yıl sonra çalışma grubundan 265 çocuğun modelleri tekrar incelenmiş ve süt dişinde erozyon oluşan çocukların sürekli dişlerinde de erozyon oluşma riskinin yüksek olduğu görülmüştür. Orta derecede görülen erozyon %5.3'ten, %23'e; şiddetli derecede görülen erozyon ise % 0.4'ten % 1.5 'a yükselmiştir.

Yeni geliştirilen testler ile çocuklar üzerinde gerçekleştirilen uzun soluklu araştırmalar, insidans hakkında ciddi bilgiler ortaya koymaktadır. Yapılan 2-3 yıllık araştırmalar sonucunda insidans değerlerinin adolesanlarda %12-26 arasında değiştiği görülmüştür (39). Sosyoekonomik düzey ile erozyon arasında kesin bir ilişki kurulamamakla birlikte, sosyoekonomik düzeyi iyi olan toplumlarda diş erozyonunun görülme sıklığının giderek arttığı (özellikle erkek çocuklarda) bildirilmektedir (43).

2.2.3. Diş Erozyonunun Etiyolojisi

Dental erozyon, birçok etkenin neden olabileceği dental bir problem olup sebebi halen tam olarak anlaşılamadığı için iç kaynaklı ve dış kaynaklı etkenlere bağlanmaktadır (44).

2.2.3.1. İç Kaynaklı Etkenler

Dental erozyon; kusma, regürjitasyon ve gastroözefageal reflü gibi sebeplerle gastrik asitin oral kaviteye ve dişlere ulaşması sonucu ortaya çıkabilmektedir (45). İç kaynaklı etkenler sonucunda meydana gelen erozyon prevalansı tam olarak bilinmemekle birlikte, iç kaynaklı dental erozyonların tüm erozyon vakalarının yaklaşık olarak %25'ini oluşturduğu belirtilmiştir (46). Mide mukozasında bulunan parietal hücreler tarafından üretilen hidroklorik asit, dental erozyona neden olan iç kaynaklı faktörlerin başında gelmektedir (47).

2.2.3.1.1. Kusma

Kusma, mide içeriğinin midenin giriş kapısından yemek borusuna doğru geri itilmesidir. Bu olay, beyin kusma merkezi tarafından koordine edilmekte ve çok çeşitli medikal problemlerle ilişkili olabilmektedir. Stres, yeme bozuklukları (anoreksia ve bulimia nervosa) gibi psikosomatik etkenler; diabet, hamilelik, hipo/hiperparatroidizm, üremi, adrenal yetmezlik gibi metabolik ve endokrin etkenler; migren gibi nörolojik bozukluklar, peptik ülser, kronik gastrit, intestinal obstrüksiyon gibi sindirim sistemi bozukluklar; ensafalit, neoplazm, serebral palsi gibi santral sinir sistemi bozukluklar ve çeşitli ilaçlar kusmaya neden olmaktadır. Tüm bu etkenler uzun periyotlarda devam ettiği zaman erozyona neden olmaktadır (48).

2.2.3.1.2. Regürjitasyon

Regürjitasyon, abdominal diafragmatik kasların yetersiz kasılması sonucu az miktarda mide içeriğinin istemsiz olarak ağza kaçıışı yani mide asidinin sık aralıklarla ağza gelmesidir (47).

2.2.3.1.3. Gastroözefageal Reflü Hastalığı

Gastroözofageal reflü (GÖR); mide içerisinde yer alan gastrik sıvının yemek borusuna geri gelmesidir. Mide içerisindeki sıvının yemek borusuna geri gitmesi çok

rahatsız edici belirtiler ve de komplikasyonlar meydana getirmesiyle karşılık bulan hastalığa ise Gastroözefageal reflü hastalığı kısaca GÖRH denmektedir (49).

Gastroözefageal sistem (GİS) bozuklukları sonucunda ortaya çıkan dental erozyon; gastrik asidin şiddeti, gastrik aside maruz kalma sıklığıyla alakalı olmakla birlikte oral hijyen alışkanlıkları, diş sert dokularının yapısı (mineralizasyon derecesi, flor içeriği), tükürük yapısı ve miktarıyla da ilişkilidir. Mide asidi ağıza ulaştığında, dişin sert dokuları ve periodontal dokularıyla temasa geçmektedir. Ağıza gelen mide içeriğinin pH değeri 1-1,5 arasındadır. Mide suyunun tamponlama kapasitesi ve pH'ın, besinlerle alınan asitlere oranla daha düşük olması yaygın ve şiddetli eroziv lezyonların oluşmasına neden olmaktadır. Mide asidinin dişte erozyon oluşturabilmesi minimum 1-2 yıl, haftada ise birkaç defa diş ile temas etmesinin gerekli olduğu ifade edilmektedir (45).

Erozyon ile reflü ilişkisinin incelendiği çalışmalarda, GÖR hastalarında eroziv lezyonların daha sık görüldüğü bildirilmiştir (47) Başlangıçta erozyon, sadece mine yüzeyi çok iyi kurutulduğu zaman gözlenebilen, yüzey kaybı olarak tanımlanmaktadır. Etken devam ettiği sürece, ince kesici kenarlarda kırılmalar gözlenmekte ve diş hassasiyeti başlamaktadır. Bunlar, erozyonun ilk belirtileridir. Daha ileri durumlarda, lezyon derinleştikçe sert, düz bir görüntü ile birlikte altındaki dentin tabakasının renginin belli olduğu incelmis mine görüntüsü görülmektedir (50).

Erozyonun derecesi, hastalığın süresi ve sıklığı ile doğru orantılı olarak ilerlemektedir. Asit reflüsü öncelikle üst kesici dişlerin ve üst azı dişlerin palatinal yüzeyini etkilemekte, asit atağı devam ettikçe iki çenede de arka bölgedeki dişlerin okluzal yüzeylerine devam edip en son labial/bukkal yüzeylere ulaşmaktadır. Durumun şiddetine göre alt dişlerin bukkal yüzeyleri de durumdan olumsuz etkilenebilmektedir (51).

2.2.3.1.4. Kronik Alkolizm

Kronik alkolizm yaşamı tehdit eden komplikasyonlar doğurabilecek ciddi bir olgudur. Kronik alkolizmin, toplumun %10' unu etkilediği düşünülmektedir (52). Vücutta yol açtığı patolojik değişikliklerin yanı sıra akut alkol tüketimi, özafagus ve midede inflamatuvar değişikliklerle ortaya çıkan reflü sonrasında kronik özefagit ve

gastrite sebep olmaktadır (45). Alkoliklerin, düzensiz ve asidik beslenme eğilimlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bazı alkolizm olgularında, dental erozyon tespit edilmiştir. Diş yüzeyinin aşınmasında etkili olan faktörün alkollü içeceklerin sık tüketilmesi ve kusma olduğu düşünülmektedir (53).

Alkoliklerde diş erozyonunun sağlıklı bireylere kıyasla daha sık görüldüğü, özellikle üst anterior dişlerin palatinal yüzeylerinin, sonrasında da kesici yüzeylerinin erozyondan etkilendiği bildirilmiştir (54, 55).

2.2.3.1.5. Ruminasyon

Ruminasyon, Latincedeki “geviş getirerek çiğneme” anlamına gelen ruminare kelimesinden türemiştir. İnsan gevişi veya mersizm otçul hayvanlarınkine benzer olarak, besinin mideden regurjitasyonu ile yeniden ağız ortamına gelmesi, çiğnenmesi ve de yutulmasını ifade etmektedir. Üst özefageal sfinkterin relaksasyonu, abdominal kasların kalınlaşması ve gastrik kas sisteminin kontraksiyonunun bir kombinasyonu sonucu meydana gelmektedir (56).

Ruminasyon, nadir görülen bir hastalık olup mide içeriğinin ağız ortamına ulaştığı diğer bozukluklarla benzer bir mekanizma ile diş yüzeylerinde şiddetli erozyona neden olabileceği bildirilmektedir (2).

2.2.3.2. Dış Kaynaklı Etkenler

2.2.3.2.1. Diyet

Son yıllarda asidik yiyecek ve içeceklerin tüketim miktarının ve sıklığının artmış olması diş erozyonu açısından büyük önem taşımaktadır. Özellikle sık tüketilen spor içecekleri, kola ve meyva suları dişlerde erozyona neden olmaktadır. İçeceklerdeki eroziv potansiyel içerik pH'ları ve tamponlama kapasiteleriyle ilişkili olmaktadır (41, 57).

Birçok yiyecek ve içeceğin eroziv özellikleri çeşitli in vivo ve in vitro çalışmalarda incelenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda, yiyecek ve içeceklerin erozyon oluşturma kapasitesinin tek bir nedene bağlı olmadığı görülmüştür. Besinlerin erozyon

oluşturma düzeyi, yiyeceğin pH'ına, içerdiği asidin çeşidine, kalsiyum, flor gibi mineralleri içerip içermemesine, tamponlama kapasitesine, kalsiyum şelasyon özelliklerine, diş yüzeyine yapışma özelliğine ve yenme sıklığına bağlı olarak değişmektedir (58, 59).

Başlıca erozyona neden olabilecek asidik içecek ve yiyeceklere örnek olarak; turunçgil meyve suları (pH=3.5), elma suyu (pH=4.1), zm suyu (pH=3.4), ananas suyu (pH=3.3), gazlı içecekler (pH=2.7), şarap (pH=3.3), spor içecekleri (pH=2.9), domates (pH=3.7), mayonez (pH=3.8) verilebilmektedir (34, 41, 57).

Yiyecek ve içeceklerin içerisinde bulunan temel diyet asitleri, sitrik, malik, tartarik, laktik ve fosforik asittir. Meyve ve sebzelerde yüksek miktarda sitrik asit bulunurken ardından malik asit gelmektedir. Bütün turunçgil meyveleri ve ticari olarak üretilen çok sayıda ürün (meyveli soda, v.b.) sitrik asit içermektedir. Sitrik asit, pH'ın yükselse bile mine dokusundaki kalsiyumu bağlayabilme özelliğini kaybetmeyerek diş erozyonuna yol açabilmektedir. Malik asit, elma, erik ve şeftali gibi meyvelerde, tartarik asit ise üzüm ve şarapta bulunmaktadır. Fermente rnler içerisinde ise bolca laktik asit bulunduğu gibi yoğurt, krema, sodalar ve lahana yemeğinde de bolca laktik asit yer almaktadır Fosforik asit, çok yoğun miktarda kola gibi gazlı içeceklerin formülünde görülmektedir (60, 61). şarap tartarik asit ve malik asit gibi meyve asitlerini bol miktarda içermektedir. Yiyecek ve içeceklerin 3 ile 4 arasında değişen düşük pH değerine ve düşük Ca ve P konsantrasyonuna sahip olması erozyon oluşturma potansiyelini arttırdığı görülmektedir (62).

2.2.3.2.2. Mesleki Faktörler ve Spor

Yapılan araştırmaların literatür taraması bireyin mesleki çalışma şartları ve yaptığı sportif faaliyetlerin, dental erozyon oluşumunda etkili olabileceğini göstermektedir (63). Almanya'da pil sanayinde çalışan işçilerde yapılan ölçümler sonucunda işçilerin sülfirik asite maruz kaldıkları saptanmış, eroziv lezyonların üst kesici dişler üzerinde olduğu ve dişlerin orta derecede etkilendiği belirtilmiştir (64).

Wiktorsson ve ark. (65), 19 İsviçreli profesyonel şarap tadıcısı üzerinde yaptıkları çalışma sonucunda, 14"nde üst keser dişlerin dudak yüzeylerinde orta ve şiddetli derecelerde dental erozyon tespit etmiştir. Ayrıca ağızlarında pipet ile asit

taşıyan laboratuvar çalışanlarının da erozyon riski taşıdığı bilinmektedir (33). Ağır spor faaliyetleri GÖRH'ı tetikleyebilmektedir. Spor aktivitelerinin vücutta dehidratasyon meydana getirdiği spor yapan bireylerin, rehidratasyon ve elektrolit dengesinin yeniden sağlayabilmek için eroziv potansiyeli yüksek spor içeceklerini tercih ettiği görülmektedir. Spor içeceklerinin eroziv potansiyelini ölçmeyi hedefledikleri in situ çalışmalarında, insan minesini taşıyan gruplardan, 10 gün süresince spor içeceği tüketen grupta, su tüketen, yaş ve cinsiyet uyumlu, kontrol grubuna göre, anlamlı derecede yüksek bir oranda dental erozyon tespit edilmiştir (66, 67).

2.2.3.2.3. Ağız Hijyen Ürünleri Ve İlaçlar

Ağız hijyen uygulamaları, dental erozyona neden olabilecek sağlıklı yaşam tarzı ile ilişkilendirilebilen etiyolojik faktör olarak nitelendirilmektedir(2). Asidik etkenlere maruz kalan diş yüzeylerindeki doku kaybının, abrazyon diş macunları ve kuvvetli diş fırçalama sonucunda arttığı bilinmektedir (68). Ağız hijyeninin önemi hakkında yüksek bilince sahip hastalar düzenli kontrollerini yaptırmakta ve bu kontrol muayeneleri genellikle polisaj işlemlerini de kapsamaktadır. Her defasında minenin floridan zengin diş tabakasının mikron düzeyinde kaybına yol açarak minenin asitlere karşı direncini düşürmekte ve dişlerin erozyona karşı hassasiyetini arttırmaktadır. Diş beyazlatma uygulaması ise, günümüzde hastalar tarafından oldukça ilgi görmekte olup, işlem sırasında beyazlatıcı ajanların, kazanılmış pelikül tabakası dâhil olmak üzere, diş üzerindeki organik tabakayı uzaklaştırarak etki göstermektedir. Diş beyazlatma uygulaması dişin dental erozyona karşı hassasiyetini arttırmaktadır (60).

Dental erozyon ile ilgili yapılan araştırmaların literatür taramasında, yaygın olarak kullanılan bazı ilaçların da dental erozyon ile ilişkili olduğu görülmektedir. Demir ilaçları, asetil salisilik asit ve hidroklorik asit içeren çiğneme tabletleri, vitamin C, aspirin, asidik ağız hijyen ürünleri, kalsiyum şelasyon ajanı içeren ürünler, asidik karakterli tükürük uyaranları gibi düşük pH değerine sahip preparatlar eroziv potansiyel taşımaktadır (60). Antihistaminik, antiemetik, antiparkinson, antidepressanların bazı türevleri tükürük akış hızını ve tamponlama kapasitesini azaltmaktadır. Vitamin C çiğneme tabletlerinin yüzeyi sert ve geniş olup, dişlerle daha

uzun süre temasta kalmaktadır. Yapılan bazı araştırmalar sonucunda çiğneyerek kullanılan C vitamini tabletlerinin, tükürük pH'ını 2'nin altına düşürdüğü görülmektedir (69).

2.2.4. Diş Erozyonunun Oluşma Mekanizması

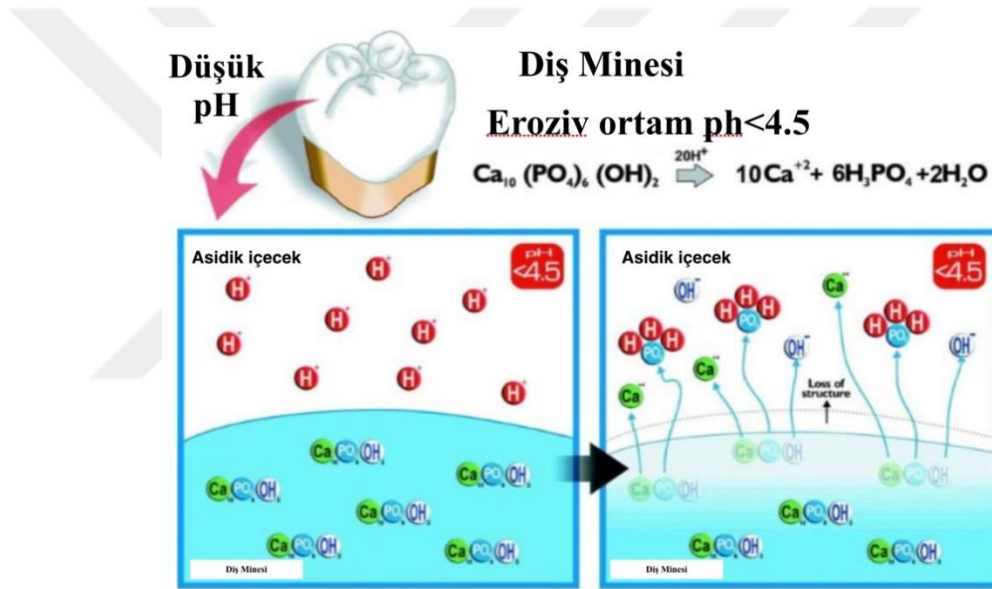
Mine ve dentin tabakası; mineral, protein, yağ ve suyu farklı oranlarda bulundursa da yapısal açıdan birbirlerine benzememektedirler. Mine ve dentin tabakası milyonlarca ufak kristalden oluşup mine tabakası ağırlıkça %96 oranında mineral ihtiva etmekte, kalan %4'ü ise su ve organik yapıyı oluşturmaktadır (70).

Dişlerin mineral içeriği yüksek oranda hidroksiapatitten oluşmaktadır. Mine dokusunun kalın olduğu bölgelerde hidroksiapatit fazla iken, servikal bölgelerde azalmaktadır (30). Mine, yapısal olarak, çok fazla sayıda mine prizmasından, mine prizma kınından ve de bunların arasını dolduran interprizmatik matriksten meydana gelmektedir. Mine prizmaları anahtar deliği şeklinde desteler halinde uzanmış hidroksiapatit kristallerinden oluşmaktadır (70, 71). Minedeki hidroksiapatit kristalleri embriyolojik gelişim sürecinde bazı eser elementlerle birleşmektedir. Karbonat, sodyum, demir, çinko, magnezyum gibi elementler minenin kristal yapı ve stabilitesini etkilemekte ve mine matriksinin bakteri ve diyet asitlerine bağı demineralizasyonunun artmasına sebep olmaktadır (71).

Hidroksiapatit kristalleri, kalsiyum eksikliği bulunan karbonatlı hidroksiapatit olarak ifade edilmektedir. Hidroksiapatit formülü $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ iken, karbonatlı hidroksiapatit formülü; $Ca_{10-x}Na_x(PO_4)_{6-y}(CO_3)_z(OH)_{2-u}F_u$ şeklindedir. Karbonatlı hidroksiapatit formülündeki gibi (Ca_{10-x}) dişin mineral yapısı kalsiyumdan eksiktir. Kalsiyum iyonları, potasyum, sodyum ve magnezyum gibi diğer metal iyonları ile birlikte sodyum en sık olarak toplamında %1 oranında yer değiştirmektedir. Ancak; asıl değişim CO_3 'ın PO_4 ile yer değiştirmesi şeklindedir. Fakat bu oran birebir stokiyometri temeline dayanmadığı için fosfat 6-y ve karbonatta z ile ifade edilmektedir. Mineral yapısındaki kristal örgü içinde oluşan değişimler özellikle de karbonatın değişimi mine kristal yapısını bozmaktadır (72, 73). Bahsedilen değişimler sonucunda mine ve dentinin mineral yapısı asit ataklarına maruz kaldığında

hidroksiapatitden çok daha fazla çözünür duruma geçmektedir. Hidroksiapatitde florapatite ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$) göre daha fazla çözünürdür. Minenin içerdiği su miktarı, asidin difüzyonuna ve kalsiyum, fosfat gibi minerallerin de erozyon esnasında dişten uzaklaşmasına yol açmaktadır (74).

Şekil 2.1’de görüldüğü üzere 4,5 pH değerinden daha düşük asidik içecekler, mine yüzeyindeki apatit kristallerinin kolaylıkla çözünmesine neden olduğu görülmektedir (44). Dişlerin kimyasal aşınması asitlerden ya da kalsiyuma bağlanabilen anyonlardan elde edilen hidrojen iyonu (H^+) ile meydana gelmektedir. Çözünme olayında H^+ iyonu dişin yapısında bulunan CO veya PO_4 iyonu ile birleşerek mine yüzeyindeki apatit kristallerinin çözünmesine neden olmaktadır (75).



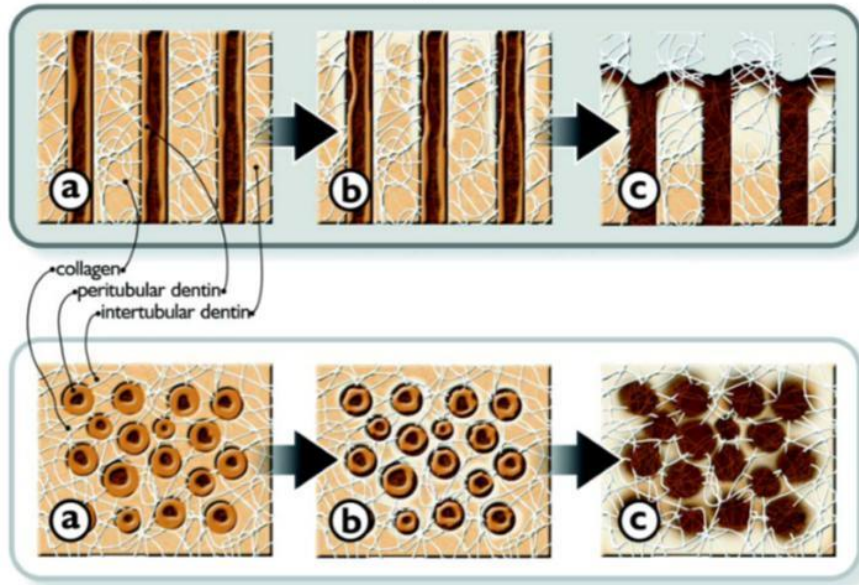
Şekil 2.1: Asitli içecekler ($\text{pH} < 4,5$) nedeniyle diş yüzeyinde oluşan mineral kaybı (44).

İlk olarak prizma çeperi ardından prizma gövdesi çözünerek, yüzey görüntüsü bal peteği görünümü almaktadır (76). Daha sonra, iyonize olmamış asit interprizmatik alanda yüzey altına doğru ilerleyerek bu bölgede daha fazla mineral çözünmesine yol açmaktadır (77, 78). Çözünen iyonlar diş yüzeyinin hemen altında ve mine yüzeyine bitişik olan sıvı yüzey tabakasında pH yükselmesine neden olmaktadır (78).

Uzun süreli asidik pH özelliğindeki kimyasal maddelere maruz kalma dişin sert dokusu tamamen çözmekte ya da diş yüzeyinin birkaç milimetre altında ince bir yumuşama meydana getirmekte olup bu sürece yumuşama adı verilmektedir.

Yumuşamış olan tabaka mekanik aşınmalara ve eroziv etkenlere karşı savunmasız özelliktedir (44).

Dentin erozyonu, mine erozyonu ile aynı prensipte olsa da yapı olarak daha karmaşıktır. Dentin erozyonu ilk olarak intertübüler ve peritübüler dentin arasındaki ara yüzden başlamaktadır. Asit teması devam ettiği süre boyunca dentinde yer alan tübül ağzları huni şeklini almakta ve sonunda peritübüler dentin tamamen çözünmektedir. Asite maruz kalan dış tabakadaki organik matriks tamamen demineralize olmaktadır (Şekil 2.2) (44, 79). Dentin tabakası mekanik ve proteolitik etkenlere karşı savunmasız olup diş fırçalama işlemi sırasında veya dilin sürtünmesiyle bile kolayca aşınabilmekte dolayısıyla asit atağı mine ve dentini daha hassas yapmakta, atrizyon veya abrazyon gibi diş aşınmalarını daha şiddetli hale getirmektedir (75). Ganss ve ark. (37) diş erozyonu sürecinde organik matriksin etkisini inceledikleri çalışmalarda ortamda bulunan parçalanabilir kolajen miktarının artmasının dentin demineralizasyon oranını azalttığını, böylece demineralize olmuş matriksin demineralize bölgede iyon difüzyonuna engel olduğunu ortaya koymuştur.

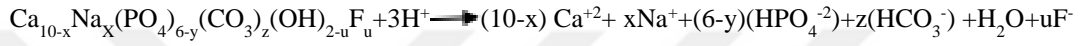


Şekil 2.2: Dentin üzerinde eroziv demineralizasyonun ilerleme süreci (enine ve boyuna kesit görünümü).

a) sağlam dentin, b) başlangıç demineralizasyonu ve c) açığa çıkmış organik matriks (44).

2.2.4.1. Asit ve Şelasyon Ajanları

Erozyon sırasında asit ya da şelasyon ajanları, öncelikle plak varsa plağa, sonra pelikül tabakasına, en son da kristallerin etrafını saran protein/yağ tabakasına geçmektedir. Diş dokusunda meydana gelen kimyasal eroziv reaksiyonlara ilk olarak, güçlü/zayıf özellik gösteren asitlerin içerisinde bulunan H⁺ iyonları, bağ kurabilen anyonlar ya da karmaşık bir yapı gösteren kalsiyum sebeptir. Diğer bir kimyasal diş erozyonu sebebi olarak da şelat ajanlar gösterilmektedir. H⁺ iyonları suda ayrışabilen asitlerden elde edilmekte olup H⁺ iyonu doğrudan diş üzerine saldırabilmekte, CO₃ veya PO₄ iyonu ile bir araya gelerek direkt kristali çözebilmektedir;



Doğrudan gerçekleşen bu saldırıda H⁺ iyonu, karbonat ve/veya fosfatla birleşip, kristal yüzeyin ilgili bölgesinde yer alan bütün iyonlar serbest kalmakta ve direkt yüzey çözünmesine sebep olmaktadır.

Sitrik asit gibi asitler, suda çözüldüğü zaman ortaya hidrojen iyonu, sitrat gibi anyonlar ve çözülmeyen asit molekülleri açığa çıkarmaktadır. Bu salınım miktarı solüsyonun pH'ına, asit iyonizasyon sabitine (kat sayısına, Ka) bağlıdır. Asit iyonizasyon katsayısı yüksek olan asitler daha güçlü asitlerdir. Mineral yüzeyinden daha fazla kalsiyum çekmekte ve böylece daha eroziv bir yüzey meydana getirmektedir. Etilen diamin tetra asetik asit (EDTA) ve sitrik asit en güçlü asit ve şelasyon ajanlar olarak gösterilmektedir.

Sitrik asit ile erozyon, H⁺ iyonlarının yüzeye atak yapması ile oluşan mineral çözünmesi ve anyonların kalsiyumu bağlaması ile meydana gelen mineral çözünmesinin kombinasyonu ile oluşmaktadır. Sonuç olarak sitrik asit gibi asitlerin kristal yapıyı çözümede çift etkisi olması nedeniyle diş yüzeyine daha fazla zarar vermektedir (80).

Sitrik asit, 2 gibi düşük pH'larda mineral yüzeyine direkt saldırabilmek için H⁺ iyonu sağlarken, 7 gibi yüksek pH'larda ise kalsiyum iyonunu kristal yüzeyinden çekmektedir. Orta pH değerlerinde ise erozyon; her iki mekanizmada da gerçekleşmektedir. İçinde yüksek oranda sitrik asit bulunan meyve ve meyve suları diş erozyonuna neden olabilmektedir (58, 71).

Erozyon, H⁺ iyonlarının saldırıları ve sitrik asit, EDTA gibi güçlü şelasyon ajanları olan anyonlarla kompleks oluşturmuş kalsiyumun neden olduğu mineral çözünmelerinin bir toplamı olarak ifade edilmektedir. Asetik asit halinde kalsiyum/asetat oluşumu çok zayıftır ve erozyonda küçük bir rol oynamaktadır. Diğer bir yandan laktik asit, moleküle OH yan grubu eklenmesinden dolayı kalsiyuma güçlü bir şekilde bağlanmaktadır. Laktik asitin daha kolay H⁺ iyonu sağlamasından ve daha düşük pH'lı solüsyon üretmesinden dolayı asetik asitten güçlüdür. Ayrıca, laktat da kalsiyum bağlanmaktadır. Bu nedenle; laktik asit pH 6-7 olduğunda bile diş minesine zarar verebilmektedir. Bahsedilen bu pH aralığında hemen hemen hiç H⁺ iyonu yoktur. Asidin bu şekilde etki göstermesinin nedeni; laktat anyonuyla kalsiyumun bağlanmasından kaynaklanmaktadır (73).

Fosforik asit solüsyonda kalsiyuma daha fazla bağlanmaktadır. 2 gibi düşük pH değerinde H⁺ sağlarken, 7 gibi yüksek pH değerinde ise kalsiyuma bağlanmakta olup ara değerlerde ise; sitrik asitte de olduğu gibi bahsedilen her iki mekanizma da görülmektedir (71).

2.2.5. Diş Erozyonunun Teşhisi

Diş erozyonunun spesifik bir semptomu olmadığından teşhis etmek zor olmaktadır. Fakat diş hekiminin erozyonu erken dönemde teşhis etmesi ve patogenezi anlaması diş için büyük önem taşımaktadır. Dişin klinik muayenesi iyi bir ışık altında, temiz ve kuru diş yüzeyleri üzerinde yapılmalıdır. Diş, erozyon derecesine göre hafif hassasiyetten şiddetli ağrılara kadar değişen semptomlar gösterebilmektedir. Bu nedenle, doğru teşhis koyabilmek için dişler kurutulurken dikkatli olunmalıdır. Diş erozyonu muayene edilirken birkaç dişi aynı anda görmeyi sağlayacak büyük bir ayna kullanmak kolaylık sağlayacaktır (81).

Diş erozyonunun başlangıç aşamasında genellikle belirti görülemediği için olan erozyon gözden kaçırılabilir. Erozyonun oluşumunu ve ilerleyişini önceden belirlemek için rutinde kullanılacak hiçbir alet bulunmamaktadır. Bu nedenle erozyonun klinik görünümü hekim için büyük bir öneme sahiptir. Erozyonun ileri aşamalarında klinik belirtiler kendini göstermektedir (2).

Diş erozyonunun ayırıcı tanısında diş çürükleri ve endodontik problemler dikkate alınmalıdır. Eroziv lezyonların yüzeyi farklı görünüme sahip olabilir. Pürüzsüz, parlak veya mat, düzensiz, yuvarlak veya düz bir yüzey mine erozyonunun tipik görüntüsüdür. Özellikle üst anterior bölgenin palatinal yüzeyinde dişeti boyunca bozulmamış mine görüntüsü izlenebilmektedir (35). Ayrıca kron kenarlarında mine sırtı devam edebilir. Mine kaybı, dentinin açığa çıkmasına ve böylece diş hassasiyetine yol açabilmektedir (81).

Diş erozyonu konusunda hem süt dişlerde hem de sürekli dişlerde en sık karşılaşılan diş erozyonu klinik görünümü azı dişlerinde meydana gelen çukurcuklardır. En fazla birinci büyük azıların tepelerinde klinik görünümlere rastlanmakta olup diş yüzeyinden yüksek kalmış restorasyonlar da erozyonun kliniksel özelliklerinden sayılmaktadır (82).

Dişlerin estetik görüntüsünde ve fonksiyonunda değişikliğe yol açan erozyonun, diş üzerinde çoğunlukla fasiyal, okluzal, lingual bölgelerinde gerçekleşmektedir (83). İç kaynaklı etkenler dişlerin palatinal/lingual yüzeylerini; dış kaynaklı olanlar ise labial/bukkal yüzeylerini etkilemektedir (84).

Diş etine yakın bölgede, minenin bütünlüğünün bozulmamasının sebebi; o bölgede plak birikiminin ve diş eti oluğu sıvısının asidi nötralize edici etkisinin olmasından kaynaklanmaktadır. Bu plak birikintisi, asitlere karşı difüzyon bariyeri oluşturmaktadır. Eroziv lezyon ilerlediğinde, mine morfolojisinde birtakım değişiklikler meydana getirmektedir. Minede genişliği derinliğinden fazla olan konkaviteler oluşmaktadır. Fasiyal erozyon, kama şekilli defektten ayırt edilmelidir. Kama şekilli defekt, mine-sement sınırında veya sınırın apikalinde bulunmaktadır. Kama şekilli defektlerin sivri kenarları bulunmakta, mine yüzeyini 90° açıyla kesmekte ve lezyonların derinliği genişliğinden büyük olmaktadır (35, 37, 85). İlerlemiş okluzal lezyonlarda, tüberkül tepeleri yuvarlaklaşmış, restorasyonlar diş yüzeyi seviyesinden yükselmiştir. Çok şiddetli lezyonlarda, okluzal morfoloji kaybolabilmekte ve pulpa ekspozları meydana gelebilmektedir (35, 37, 86). Aşınmanın en çok görüldüğü bölge okluzal yüzeylerdir. Bu yüzeylerde aynı zamanda, atrizyon ve abrazyon da görülebilmektedir. Ayrıca; aşınmanın erozyondan mı yoksa diğer sebeplerden mi meydana geldiği tam olarak belirlenemeyebilmektedir (59, 85).

Ancak; atrizyonda diş yüzeyi genellikle parlak, kenarlar belirgindir ve aynı özellikler karşıt dişte de bulunmaktadır (44).

2.2.6. Diş Erozyon İndeksleri

Erozyonun klinik teşhisinde kullanılmak üzere bazı indeksler geliştirilmiştir. Bu indeksler, erozyonu diğer aşınma şekillerinden ayırt etmek ve sert dokularda meydana gelen aşınma miktarını belirleyebilmek için belirli kriterleri içermektedir. İndekslerin oluşturulmasında niteliksel ve niceliksel yöntemler kullanılmıştır. Nicel yöntemler; diş yüzeyindeki girinti derinliği, kronun yüksekliği gibi objenin fiziksel ölçümlerine dayanmakta olup, niteliksel yöntemler ise; klinik tanımlara dayanan, daha çok subjektif olan ve değişkenlik gösterebilen yöntemlere dayanmaktadır (87). Diş aşınma indekslerine erozyon indeksleri denilmektedir. Erozyon indekslerinin temel amacı prevalans ve insidans çalışmalarında diş erozyonu veya diş aşınmasının şiddetini sınıflandırmak ve kaydetmektir. İdeal bir indeks; kullanılması basit, skortlama kriterleri anlaşılır ve tekrarlanabilir özellikte olması gerekmektedir (88). Bugüne kadar diş aşınmasını skortlamak amacıyla birçok indeks kullanılmıştır. Bu indekslerden bazıları (88, 89):

- Eccle's indeksi (1979)
- Smith and Knight Tooth Wear indeksi (TWI) (1984)
- Skortlama sistemi modifiye edilmiş Linkosalo ve Markanken indeksi (1985)
- Aine indeksi (1993)
- Lussi indeksi (1996)
- UK National Survey of Children's Dental Health indeksi (1999/2003)
- Larsen ve Westergaard indeksi (2000)
- O'Sullivan indeksi (2000)
- Temel Eroziv Aşınma İndeksi (Basic Erosive Wear Examination) (BEWE) (2008)

Beckhoff ve ark.(89) bilimsel yayınlarda en çok hangi indeksin kullanıldığını inceledikleri çalışmalarda, 2000-2006 yılları arası yapılan tüm erozyon çalışmalarını

incelemiş, yetişkinlerde en yaygın kullanılan indeksin Smith and Knight Tooth Wear (TWI) indeksi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

İndekslerde durumun şiddetini ve ilerleyişini belirtmek için skora veya derecelendirme sistemi kullanılmış ancak geleneksel olarak sadece bir etyolojik faktör üzerinde yoğunlaşıldığı görülmektedir. Çoğu diagnostik indeksler tam anlamıyla morfolojik defektleri yansıtmadığı gibi uluslararası standardizasyon da çok azdır (90). Bunların içinde en sık kullanılan indeks Smith ve Knight'ın oluşturmuş olduğu TWI diş aşınma indeksidir (91). Bu indeks; etiyolojiye bakılmaksızın dişteki doku kaybı miktarının ölçülmesi ve değerlendirilmesi amacıyla kullanılan standart epidemiyolojik bir indekstir (Tablo 2.1) (89). Eroziv diş aşınma indekslerinden bazıları ağızdaki bazı dişlerin kayıtlarını temel alırken (92, 93), diğerleri ağızdaki tüm dişleri derecelendirmeyi önermektedir.

Tablo 2.1: Smith & Knight Diş Aşınma İndeksi

Skor	Yüzey	Kriter
0	B/L/O/I/C	Yüzeyde değişiklik ve kontur kaybı yok
1	B/L/O/I/C	Minimal kontur ve mine yüzey karakteristiğinin kaybı
2	B/L/O	Dentinin 1/3'ünden az bir kısmının açığa çıktığı mine kaybı
	I	Dentin açığa çıkmış mine kaybı
	C	1 mm'den az derinlikte defekt
3	B/L/O	Dentin yüzeyinin 1/3'ünden fazlasının açığa çıktığı mine kaybı
	I	Pulpa açığa çıkmamış dentin kaybı
	C	1,2 mm derinlikte defekt
4	B/LO	Minenin tamamen kaybı, pulpa kaybı, sekonder dentin açığa çıkmış
	I	Pulpa ekspozu ve sekonder dentin açığa çıkmış
	C	2mm'den derin defekt, pulpa ekspozu ve sekonder dentin açığa çıkmış

B: Bukkal L: Lingual O: Okluzal I: İnsizal C: Servikal

Son yıllarda bilinen indekslerin yanı sıra BEWE indeksi oluşturulmuştur. Bu indeks, basit ve tekrarlanabilir bir indekstir. Erozyon tedavisinin kararında hekimi yönlendirebilen, diş sert dokularının dikkatli bir şekilde incelenmesini sağlayan bir

sistemdir. BEWE, parçalı skorlama sisteminden oluşan, ağız 6 kadrana ayıran, her kadranı ayrı ayrı değerlendiren bir indeks olup 4 seviye skoru bulunmaktadır (88).

0: yüzey kaybı yok

1: mine yüzey kaybı başlangıç seviyede

2: dentinin %50'sinden daha az bir kısmının etkilendiği belirgin sert doku kaybı

3: dentinin %50'sinden daha fazla bir kısmının etkilendiği sert doku kaybı

BEWE skorlarının hesaplanmasında; bukkal/fasiyal, okluzal, lingual/palatinal yüzeylerden en yüksek skora ait bölgenin skoru kaydedilmektedir. Bu işlem her kadranda yapılmakta ve sonrasında skorlar toplanmaktadır (Tablo 2.2).

Tablo 2.2: Temel eroziv aşınma indeksi (BEWE)

BEWE SKORLARI

	1.Kadran	2.Kadran	3.Kadran	4.Kadran	5.Kadran	6.Kadran
Skorların toplamı	17-14	13-23	24-27	37-34	33-43	44-47

Bu indeks, dentinin açığa çıkması ve mine kaybı arasındaki belirgin ayrımı kaldırmıştır. Böylelikle, klinik koşullar açısından daha geniş kabul edilebilirliği sağlanmıştır. Sınır değerler, öğrenmesi ve kalibre etmesi kolay değerlerdir. BEWE indeksi uluslararası kabul edilen, standart ve geçerli bir indekstir (88).

2.2.7. Diş Erozyonunda Tedavi Yaklaşımları

Asitli içeceklerin sık ve fazla miktarlarda tüketimi dental erozyon riskini arttırmaktadır. Diş erozyonları, ağız içerisinde karşılaşılan diğer hastalık durumları gibi önceden teşhis edildikleri zaman yalnızca korumaya yönelik işlemler yapılarak diş erozyonu tedavi edilebilmektedir. Erozyon oluşumuna neden olan etkenlerin ortadan kaldırılmasıyla yeni lezyon oluşumu ve var olan lezyonların ilerlemesi durdurulabilmektedir. Diş erozyonu konusunda alınabilecek koruyucu önlemlerden bazıları şunlardır:

2.2.7.1. Asitle doğrudan teması azaltmak veya önlemek

- Asitli içecek/yiyecek tüketim sıklığını ve miktarını azaltmak,
- Asitli içecekleri/yiyecekleri soğuk ve hızlı tüketmek,
- Asitli içecekleri yudumlamak yerine hızlıca içmek, pipet kullanmak,
- Asitli içeceklerin yüksek kalsiyum, fosfat, flor ve ksilitol içerenlerini tüketmek,
- Asitli içecekleri/yiyecekleri tükürük akış oranının ve tamponlama kapasitesinin fazla olduğu ana öğünlerde tüketmek ve kesinlikle gece son yiyecek olarak almamak,
- Yemeği, kalsiyum ve fosfat içeren peynir, süt gibi nötralize edici özelliği olan bir yiyeceklerle bitirmek,
- Asidik ilaçların hatalı kullanımından kaçınmak, mümkünse çiğnemek yerine bunları direkt yutmak,
- İş yerinde asidik buhar ve sıvılarıyla olan teması azaltmak için, maske, ağız koruyucuları ve nötralize edici ajanlar kullanmak,
- Hastadan alınan anamnezde, GÖRH, kusma, yeme bozukluğu, alkol problemi olduğu tespit edildiğinde; hastayı tıp hekimine yönlendirmek gerekmektedir (41, 94).

2.2.7.2. Demineralizasyonun azalması, remineralizasyonun artmasını sağlamak

- Tükürük akış oranını arttırmak için şekeriz sakız çiğnemek,
- Kserostomiası olan hastalarda, sistemik tükürük preparatları kullanmak,
- Asitli içecek/yiyecek tüketiminden hemen sonra, ağız bol su, süt ya da düşük konsantrasyonlu flor solüsyonları ile çalkalamak,
- Florlu diş macunları, solüsyon ve jelleri kullanmak, topikal flor preparatlarını periyodik olarak kullanmak gerekmektedir (44).

2.2.7.3. Abrazyonu azaltmak

- Asitli gıda tüketiminden sonra hemen diş fırçalamamak,
- Manuel diş fırçası kullanmak, elektrikli diş fırçası kullanılır ise fazla basınç uygulamamak,
- Abraziv değeri düşük olan florlu diş macunları kullanmak gerekmektedir (44).

2.2.7.4. Flor uygulamaları

Su içerisinde, toprak karışımında, kayaların oluşumunda, atmosfer üzerinde, gıda ve içeceklerde, bütün canlı dokularda yer alan flor yer kürede %0,03 oranında bulunmaktadır. Flor bitkiler içerisinde en fazla çay ve tütün bitkisinde, hayvansal gıdalar içerisinde ise en fazla balıkta bulunmaktadır (95). Florspar, kriyolit, fluorapatit, mika ve hornblend içerisinde en fazla flor bulunduran minerallerdendir.

Florun diş hekimliğinde kullanımı ilk olarak 19. yüzyıl ile başlamıştır. 1847'de Edhart ilk olarak florun profilaktik rolünden bahsetmiş, florun diş minesini güçlendirerek çürük ataklarına karşı dirençli hale getirdiğini belirtmiştir. Flor tabletleri ise ilk olarak İngiltere'de potasyum flor formunda hazırlanmış olup özellikle diş değiştirme dönemindeki çocuklara ve hamile kadınlara verilmesi tavsiye edilmiştir (96).

Ülkemizde diş hekimliğinde flor iyonu konusunda ilk araştırma ve yayın 1955 yılında Prof. Dr. Pertev Ata tarafından Isparta'da yapılmıştır. Isparta da içme sularındaki flor iyonu miktarı tespit edilmiş ve 10-18 yaşlarındaki çocukların dişlerini çürük ve dış görünüş bakımından incelenmiştir. Çalışmada Afyon ilindeki çocuklar kontrol grubu olarak kullanmış, çürüğe karşı dirençli olabilen ancak lekeli mine olarak adlandırılan florozis vakalarından da bahsedilmiştir (97).

Florun çürük önleme üzerine etkileri in vivo ve in vitro olarak en fazla çalışılan konulardan bir tanesidir. Flor bugün için kabul edilmiş en önemli iki etkisi; demineralizasyonu inhibe etmesi ve remineralizasyonu aktive etmesidir. Flor, ağız ortamında tükürükte, plak sıvısında veya mine yüzeyine bağlı olarak bulunabildiği sürece lokal etki gösterip, bu fonksiyonları yerine getirebilmektedir (98). Florun çürük önleyici etkisinin yanında erozyonu önleyici etkisinin de olduğu düşünülmektedir

(99). Diş yüzeyinde flor deposu olarak oluşan CaF_2 sadece yüksek konsantrasyonlu flor solüsyonları uygulaması sırasında oluşmaktadır. Topikal flor uygulamaları, özellikle asitlendirilmiş olanlar (asitlendirilmiş fosfat florid) CaF_2 benzeri materyallerin öbekler şeklinde mine yüzeyine çökmesini sağlamaktadır (100). Bu tabaka pH, flor konsantrasyonu ve ajanın flor tuzu tipine göre demineralizasyona karşı koruyucu etki göstermektedir (100, 101). Ancak; flor uygulamasının erozyona karşı koruyucu etkisinin olup olmadığı halen tartışma konusu olduğu bilinmektedir. Çok asidik ortamda topikal uygulama sonrası oluşan depo CaF_2 bileşiklerinin kolayca çözündüğü düşünülmektedir (44, 100, 101). Özellikle; nötral pH'a sahip flor ajanlarında bu bileşiklerin çözünmesi daha fazla olmaktadır (102). Nötral florlar (Sodyum Florid), mine yumuşamasını azaltmakta fakat eroziv aşınmayı önleyememektedir (103).

Değişik flor ajanlarının erozyonu önlemedeki etkileri incelenmiş, fakat araştırmacılar arasında bu konu üzerinde bir fikir birliği oluşturulamamıştır (104). Bazı araştırmacılar floru erozyonun ilerlemesini önlemede etkili bulurken (105), bazı araştırmacılar ise, florun herhangi bir koruyucu etkisinin olmadığını savunmaktadır (106).

2.2.7.5. Diyod lazer uygulamaları

Diyod lazerler, aktif halleri sırasında katı halde bulunurken, yarı iletken alüminyum ve arsenit kombinasyonu ile üzerlerine düşen elektrik enerjisini ışık enerjisine çeviren lazerler olarak bilinmektedir. Dalga boyu 800-980 nm arasında olan diyod lazerler enerjisini sürekli dalgalar ve yönlendirilmiş atımlar şeklinde yaymaktadır (107). Işık, fiber optik taşıma sistemi ile taşınmaktadır. Optik fiberin ilk kez kullanımdan evvel ve uzun prosedürler esnasında, lazerin etkili kullanımı için kesilip hazırlanması gerekmektedir. Belirli kullanımlar için fiberin ucuna yerleştirilebilen uçları bulunmaktadır (107).

Diyod lazerlerin yumuşak doku üzerinde uygulamaları; dişeti şekillendirilmesi, küretaj, dişeti oluğu birikintilerinin ortadan kaldırılması, oral ülserlerin tedavisi, frenektomi ve gingivektomi işlemlerinde başarılı bir şekilde kullanılabilirliği bildirilmektedir (108). Diyod lazerler diş sert dokularındaki çürük olan bölgelerde

floresan özellik göstererek turuncu ya da kırmızı renk alırlar ve klinik muayenede çürük tespitini kolaylaştırırlar (109). Literatürde, mine ve dentin erozyonunu önleme konusunda, diyet lazerlerin tek başına ya da flor ile kombine kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır (110, 111). Yakın kızılötesi alanda yer alan lazerlerin minenin organik matris içeriğinin değişmesini sağlayarak, minenin demineralizasyona karşı direnci arttırmada alternatif yaklaşımlar olduğu belirtilmiştir (110).

Vlacic ve ark. (110) görünür ve yakın kızılötesi alanda yer alan farklı dalga boylarındaki, argon, diyet, KTP, Nd: YAG lazerleri, farklı enerji yoğunluğunda ve farklı uygulama süreleriyle, flor ile kombine kullanarak mine erozyonunu önlemedeki etkilerini mikrosertlik testini kullanarak değerlendirmiş, bütün tedavi gruplarının minede erozyonu önlemede etkili olduğunu, bildirilmiştir.

Gonzalez-Rodriguez ve ark. (112) yaptıkları bir çalışmada diş minesinin flor alımı üzerinde CO₂ lazer ve diyet lazerin etkisini karşılaştırmış, çalışmanın sonucunda florun mine tarafından emilim katsayısının en yüksek diyet lazerle kombine edildiğinde ortaya çıktığını ve minenin yapısına katılan flor miktarını daha fazla artırdığını ortaya koymuşlardır.

Villalba-Monero ve ark. (113) diyet lazer ve NaF verniğini kombine olarak kullandıkları çalışmalarda, mine yüzeyine alınan flor miktarının geleneksel florlamadan önemli ölçüde yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Diyet lazer ve florun mine erozyonunu önlemedeki etkisi sıgır dişi minesinde in vitro olarak kapsamlı bir şekilde incelenmiş diyet lazerin mine yüzeyine alınan flor oranını ve dolayısıyla erozyona karşı direnci artırdığı saptanmıştır.

2.2.7.6. Kazein fosfopeptit-amorf kalsiyum fosfat (CPP-ACP) uygulamaları

Kazein, sütün içerisinde 30-300 nm çapa sahip olan partiküller şeklinde yüksek miktarlarda bulunan bir fosfoprotein olup bunun total proteinin aşağı yukarı %80' ini oluşturmaktadır (114, 115). Doğal halde kazein partikülleri çok fazla miktarda kalsiyum ve fosfor içerirken, daha düşük miktarda ise sitrat ve magnezyum içermekte ve genellikle kalsiyumfosfokazeinat partikülleri şeklinde adlandırılır (115, 116).

Süt kazeinlerinin, Ca ve fosfat iyonlarını alkaline ve nötrale şartlarda stabilize ederek Ca ve fosfat iyonlarının yeni doğmuş bireylerde kullanılabileceği bir forma getirmektedir. Kazeinlerin triptik şekilde sindirilmesi fosforile seril kümeleri bulunan N terminal kutup alanlarından fosfopeptitleri getirmesi ile gerçekleşmektedir. Bu nedenle fosfoseril kümelerinin kazein oluşturmaya sebep olan kalsiyum ile fosfat arasındaki etkileşime girmesinden kaynaklandığı ileri sürülmektedir (117).

Kazein Fosfopeptit (CPP), kazeinin protein dizilimini (-Ser(P)-Ser(P)-Glu-Glu) içermektedir (114, 115, 118). CPP, kalsiyum fosfatı CPP-amorf kalsiyum fosfat (ACP) kompleksi şeklinde stabilize edebilmekte, gastrit, reflü ve de diğer hastalıklardan meydana gelen diş dokusu erozyonunu düşürmek, ortodontik hastalarda dekalsifikasyonu azaltmak, erozyonlu mine yüzeyine sahip hassas diş dokusunun tedavileri ve diş taşı temizliği sonrasında açığa çıkan kök yüzeylerinden kaynaklanmış hassasiyeti azaltmak için kullanılabilir (114).

Srinivasan N ve ark. (119) yaptıkları çalışmada demineralizasyona uğramış mine dokusunda CPP-ACP ile CPP-ACP+ 900 ppm flor (MI Paste Plus) kullanımının mine remineralizasyonuna olan etkinliklerini incelemişlerdir. Birinci gruba CPP-ACP, ikinci gruba MI Paste Plus, üçüncü gruba da sadece yapay tükürük solüsyonunda bekletilmiştir. Örneklere Vickers mikrosertlik ölçümleri yapılmış, elde edilen veriler erozyona maruz kalan mine dokusunun remineralizasyonunda flor ve CPP-ACP'nin sinerjik etki ettiğini ortaya koymuştur (119).

Mathias ve ark. (120) yaptıkları çalışmalarında, CPP-ACP uygulanmış mine yüzeyleri ile CPP-ACP uygulanmamış mine yüzeyinin mikroabrazyondan sonra mine yüzeyinin pürüzlülüğünü incelemişlerdir. Çalışmada bir gruba sadece mikroabrazyon uygulanmış, diğer gruba mikroabrazyon uygulandıktan sonra mine yüzeylerine CPP-ACP patı uygulanmış, kontrol grubu ise herhangi bir işleme maruz bırakılmamıştır. Örnekler yüzey profilometresi ile değerlendirilmiş sonuçlar incelendiğinde mikroabrazyondan sonra mine yüzeyine uygulanan CPP-ACP patı grubunun yüzey pürüzlülüğünü önemli ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir (120).

Ranjitkar ve ark. (121) diş fırçası ile oluşturulan mine yüzeyindeki erozyonlu yüzeye CPP-ACP' in etkinliğini incelemişler, CPP-ACP bulunan Tooth Mousse grubunun erozyonlu diş yüzeyinin aşınmasını önemli ölçüde azalttığını gözlemlenmiştir. Panich ve ark. (122) gerçekleştirdikleri çalışmada kolanın mine

dokusuna olan eroziv etkisini ve tedavisinde CPP-ACP'nin erozyona uğramış mine yüzeyine etkinliğini incelemiştir. Sonuçta CPP-ACP uygulanan mine dokusunun sertliğinin büyük ölçüde artış gösterdiğini ve eroziv alanların büyük miktarda azaldığını belirtmişlerdir.

Kallayathi ve ark. (123) yapmış oldukları araştırmada erozyona uğratılmış mine dokusunun yapay tükürük ile birlikte eroziv mine yüzeylerine uygulanan CPP-ACP patının mine dokusunun sertliğinde artış gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Vongsawan ve ark. (124) klor içeren su ile oluşturulan mine dokusundaki erozyon alanlarının tedavisinde uygulanan yüksek miktarda kalsiyum bulunan süt ve CPP-ACP'nin mine yüzeyindeki erozyonun remineralizasyonunu önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir.

2.2.7.7. Diş macunu uygulamaları (Nano-hidroksiapatit içeren)

Flor diş hekimliğinde en çok diş macununun içeriğine katılarak etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Flora alternatif olarak son yıllarda diş macunlarının içeriğinde diğer aktif bileşenlerin kullanılmaya başlandığı ve pazarlanmasının arttığı gözlemlenmektedir. Son dönemde diş çürüğüne ve erozyona karşı etkili olduğu iddia edilerek kullanılan en popüler aktif madde nano boyutlu çinko-karbonat-hidroksiapatit veya nano-hidroksiapatittir (125, 126).

İnsan kemiklerinin %60'ının, diş minesinin ise %97'sinin hidroksiapatitten oluşması nedeniyle hidroksiapatit, insan vücudundaki kemik ve dişlerin birincil içeriği özelliğini taşımaktadır (19). Hidroksiapatit doğal yollardan veya sentetik olarak üretilmektedir. Doğal olarak deniz kabuklarından elde edilen hidroksiapatit, zehirli olmayan ve insan kemiğiyle büyük ölçüde uyumlu olan bir biyo-seramik maddedir. Bu nedenle hidroksiapatit, çoklu gözenekli yapısı sayesinde vücut tarafından kolaylıkla absorbe edilmektedir (19, 127).

Sentetik olarak üretilen mikrohidroksiapatit materyallerin, biyouyumluluğu yüksek olan ve esas olarak 20-40 nm boyutundaki hidroksiapatit partiküllerinden meydana gelen diş minesine benzer kimyasal özellikler gösteren materyaller olması remineralizasyon çalışmalarında yer almalarına neden olmaktadır (10). Diğer kalsiyum fosfat bileşikleriyle kıyaslandığında, mikrohidroksiapatitler daha az çözünürlüğe sahiptir. Bu sebeple hidroksiapatitin çözünürlüğünü artırarak salınan

kalsiyum ve fosfat iyonlarının oranını artırmak ve mine dokusuna daha biyoyumlu hale getirmek amacıyla nano-hidroksiapatitler geliştirilmiştir. Sentetik olarak üretilen nano- hidroksiapatit partikülleri ise mine dokusunun hidroksiapatit yapısıyla ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) aynı formülasyona sahiptir. Nano-hidroksiapatitlerin üretimden sonra remineralizasyon çalışmalarının bu doğrultuda yoğunlaştığı görülmektedir (10).

Nano-hidroksiapatit, biyoyumluluğu ve biyoaktivitesi yüksek olan bir materyaldir. Nano boyutta bulunan sentetik hidroksiapatit parçacıkları, minenin kristal yapısına ve yapısal özelliklerine benzerlik göstermekte, dış yüzeyine yüksek afinite göstererek mine yüzeyinden kolaylıkla emilmektedir (128, 129). Bu nedenle nano-hidroksiapatitler, dentin hassasiyeti tedavilerinde desensitize edici ajan olarak, başlangıç çürüklerinde, beyaz nokta lezyonlarının remineralizasyonunda, dental erozyonun önlenmesi ve remineralizasyonunda kullanılmaktadır (128, 130, 131).

Nano-hidroksiapatitler, eroziv mine tabakasının yüzeyindeki ve yüzey altındaki mikroboşlukları doldurarak mikroskobik kusurları onarmaktadır. Ayrıca kalsiyum ve fosfat mineral yoğunluğunu artırarak remineralizasyon sağlamak ve mine tabakasının şeffaflığını artırmaktadır (128, 132). Nano-hidroksiapatit ile yapılan çalışmalarda, nano kristallerin interprizmatik mine dokusuna ve prizmatik mine dokusuna girerek daha fazla homojen bir apatitik yapıyı oluşturarak yüzeyi tamamen kapladığı bildirilmiştir (10). Mine yüzeyindeki remineralizasyon X-ışını fotoelektron spektroskopisi analizi ile gerçekleştirilen Ca/PO_4 oranına bakılarak yapılan çalışmada, florun mine yüzeyindeki Ca/PO_4 oranını değiştirmeden yalnızca mine yüzeyindeki hidroksil grupları ile yer değiştirdiği ve nano-hidroksiapatit kristallerinin ise yüzeyde meydana gelen yeni apatitik mineral birikimi ile yüzeydeki çatlakların ve olukların doldurularak kapattığı gözlemlenmiştir (10). Ancak sportif içeceklere eklenen nano-hidroksiapatitin eroziv mine yüzeyinde çok az bir koruma sağlayabildiği rapor edilmiştir (133).

Nano-hidroksiapatit kristalleri ve flor içeren farklı diş macunları ile in vitro olarak yapılan minedeki remineralizasyon çalışmalarında, materyallere ait farklı sonuçlar elde edilmiştir. Ortofosforik asit gerçekleştirildikten sonra mine dokusunun dış yüzeyi flor ile nano-hidroksiapatit kristalleri bulunan diş macunlarıyla fırçalanmış ve sonuçlar SEM'de mikroskobik düzeyde incelenmiştir. İçerisinde flor bulunan diş

macunlarının kullanıldığı diş yüzeyinde interprizmatik mine dokusunun ve prizmatik mine dokusunun açık olduğunun görülmeye devam ettiği, nano-hidroksiapatit kristallerini içeren diş macununun uygulandığı diş örneklerinde ise interprizmatik mine dokusu ve prizmatik mine dokusunun nano-hidroksiapatit kristallerin etkisi ile kalın homojen özellikteki apatitik yapı oluşturarak bütün mine yüzeyini sardığı bildirilmiştir (133).

Nano-hidroksiapatitin mine yüzeyindeki remineralizasyon etkisi açık bir şekilde gösterilmiştir. Ancak remineralizasyon mekanizması hala tartışmaya açık olduğu bilinmektedir. Bazı araştırmacılar nano-hidroksiapatitlerin mine yüzeyinin remineralizasyon mekanizmasını, demineralize mine alanları üzerindeki boşlukların içerisine nano-hidroksiapatit kristal partiküllerinin çökmesi şeklinde oluştuğunu açıklamıştır (133, 134). Diğer araştırmacılar ise nano-hidroksiapatitin kalsiyum kaynağı gibi davranarak ağız içerisindeki kalsiyum seviyesini yükselttiğini bildirmiş, ardından asidik değişimleri sınırlayıp mine dokusunun demineralizasyonunu azaltarak remineralizasyonu sağladığını ileri sürdüğü görülmüştür. Son dönemdeki araştırmalara dayanılarak elde edilen veriler, nano-hidroksiapatitin ümit verici bir remineralizasyon ajanı olduğu bildirilmiştir (129, 133, 135). Nano teknolojinin getirdiği avantajlarla nano-hidroksiapatit içeren diş macunu ürünlerinin sayısı gün geçtikçe artmakta ve yakın dönemde ağız sağlığı ürünlerinin içerisinde de yerini aldığı görülebilmektedir (129).

2.2.8. Eroziv Yüzey Analiz Yöntemleri

Eroziv etkenlere maruz kalan diş yüzeylerinde birtakım değişiklikler meydana gelebilmektedir. Bu nedenle yüzey sertlik kaybı ve yüzey değişikliklerinin değerlendirilebilmesi için birçok erozyon ölçüm yöntemleri geliştirildiği görülmektedir. Dental sertliklerin kaybedilmesi ve yumuşatılması gibi iki paternden dolayı, diş erozyonlarının değerlendirilmesi ya yüzey sertliğinin değişimi ya da diş sert dokularının kaybı gibi yalnızca yüzey olaylarını değerlendirmek için farklı metodolojik yaklaşımları ele alınmaktadır. Dental erozyonun bu iki yönünü araştırmak için çeşitli teknikler kullanılmıştır (136).

2.2.8.1. İyot geçirgenlik testi

Bu yöntemde filtreli kağıt disklerle kaplı olan örnekler, potasyum iyodidinin içerisinde birkaç dakika bekletilmekte, daha sonra disk üzerindeki iyot miktarı değerlendirilerek demineralizasyonun seviyesi belirlenmektedir. İn vitro erozyon çalışmalarında minenin eroziv potansiyelini değerlendirmek için kullanımı uygundur. Ancak, dentin dokusunda kullanımı önerilmemektedir (137).

2.2.8.2. Çözünen minerallerin kimyasal analizi

Bu yöntem, erozyonu değerlendirmek için asit solüsyonuna salınan kalsiyum ve fosfat miktarının belirlenmesine dayanmaktadır. İyon seçici elektrotları kullanan kalsiyum analizi, bazı asitlerle kompleksleşme gösterdiğinden hatalı sonuç verebilmektedir. Atomik absorpsiyon spektrometre, kalsiyum analizi için hassas ve doğru bir yöntemdir. Fosfat gibi solüsyonlarla kompleks oluşturmamaktadır. Mine ve dentin erozyonunun miktarını belirlemek için kullanılabilir. Kalsiyum ve fosfat kolorimetreye de analiz edilebilmektedir. Demineralize solüsyondaki fosforun belirlenmesinde kullanılmaktadır. Oluşan renkli bileşiğe bağlı ışığın emilmesi ile demineralize solüsyona geçen fosfat miktarı arasında yakın ilişki vardır. Ancak, solüsyonda başka bir ajan olması veya ortamın pH'ının uygun olmaması durumunda oluşan renkli bileşik kompleksleri bozulmaktadır. Bu yöntemler, mine ve dentin dokusu için kullanılabilir. Mineral salınımının analizi, in situ ve in vitro çalışmalarda kullanılmaktadır (137, 138).

2.2.8.3. Yüzey profilometre

Yüzey profilometre, diş sert dokularının geri dönüşümsüz kayıplarını belirlemek ve yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek için kullanılmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, erozyonun erken döneminde daha kullanışlı olmaktadır (137). Profilometrede örnek yüzeyi iki ya da 3 yönlü profilde, kontakt ya da kontaktsız ölçüm cihazıyla taranmaktadır. Kontakt profilometrede örnek yüzeyi elmas veya çelik uçlu kayıt iğnesi ile taranmakta ve taranan yüzeyin haritası oluşturulmaktadır. Kullanılan

ucun çapı 2-20 nm arasında değişmektedir. Ancak; bu yöntemde yüzeye uygulanan mekanik kuvvetin etkisinden dolayı değerler etkilenebilmektedir (139).

Kontaklı profilometre ise, beyaz veya mavi lazer ışığı ölçüm ucunu kullanmaktadır. Çok geniş eroziv alanlar hızlı bir şekilde değerlendirilmekte ve veriler hacim üzerinde (vertikal derinlik, mine kaybı gibi) toplanmaktadır. Uç ile yüzey arasında direkt temas olmadığından yüzeye zarar vermemektedir. Ancak; yüzey altı demineralizasyonu ve krater tarzı yüzey yumuşamalarını ölçmede yetersiz olduğu bildirilmektedir (137, 140).

2.2.8.4. Kantitatif ışık etkili floresans (QLF)

İn vivo ve in vitro çalışmalarda kullanılabilen bu kantitatif ışık etkili floresans demineralizasyondan sonra otofloresans kaybını ölçmekte, bunu da erozyon altındaki diş sert dokularının mineral değişimini ölçerek yapmaktadır. Krater duvarları floresans ışığın salınımını gizlemekte ve duvarlar gölge etkisi yaparak var olan enerjinin yansıtılmasını önlemekte böylece otofloresans kaybı meydana gelmektedir (137).

2.2.8.5. Yüzey sertlik ölçümleri

Sertlik kaybı, örneğin; yumuşama, sertlik cihazı ucunun dokuya penetrasyonuna dokunun gösterdiği direnç ile ölçülmektedir (140). Sertlik ölçümü, uygulanan kuvvet ve gözlenen değişimlere göre; makro, mikro veya nano dereceli olarak tanımlanabilmektedir. Materyaller ince bir mikro yapıya sahip olduklarında, yüzey özelliklerini tanımlamak için mikrosertlik, paralel kenar şeklindeki Knoop veya eşkenar dörtgen şeklindeki Vickers elmas ucuyla ölçülmektedir. Knoop ve Vickers mikrosertlik testleri, belli zaman süresince yük altındaki statik mikro elmas ucun, test edilen materyal yüzeyine kuvvet uygulamasından oluşmaktadır. Sertlik sonuçları, yük kaldırıldıktan sonra bu işlemde elde edilen çok küçük izdüşüm uzunluğunun bir mikroskop ile ölçülmesiyle elde edilmektedir (141). Bu testte elde edilen değerler doğru ve güvenilir olup kullanılan elmas uç zamanla bozulmaz ve tüm sert materyaller için rahatlıkla kullanılabilir.

Nanosertlik ölçümü (nano-indentasyon), mikrosertlik ölçüm yöntemiyle aynı prensiplere sahiptir; sadece daha küçük ölçeklidir. Trigonal piramit Berkovich elmas uca sahiptir. Nano uç, mikrosertlik uçlarından daha az derinliklere (150-500 nanometre (nm)) ulaşabilmektedir. Yüzeydeki küçük değişiklikleri daha hassas bir şekilde belirleyebilmektedir. Bu teknik başlangıç erozyon çalışmalarında daha etkili olabildiği bildirilmektedir (140).

2.2.8.6. Mikroradyografi

Dişlerden alınan transvers kesitlerin mikroradyografilerinin çekilmesi ve de bu radyografilerin farklı özelliklerdeki bilgisayar yazılımları tarafından incelenmesi sonucunda tanımlanan formüllerle ortaya çıkan, mineral kaybının belirlenmesine yönelik bir tekniktir.

Transverse Mikroradyografi (TMR), diş sert dokularındaki mineral kaybını hafifletilmiş X-ray ışınları ile niteliksel olarak ölçen bir alettir. Diş sert dokularından geçen X-ray ışınları X-ray hassas filmlerde toplanmaktadır. Mineral kütlesi, fotonlar sayılarak hesaplanmaktadır. Erozyon ölçümlerinde özellikle erken mine lezyonlarında iyi sonuç vermektedir. Yüzey altı demineralizasyonunu da ölçmekte ancak lezyon sınırları düzenli değilse doğru sonuç vermeyebilmektedir (137).

2.2.8.7. Mikro bilgisayarlı tomografi (Mikro-CT)

Mikro-CT, yeni ve de gelişmekte olan üç boyutlu bir görüntüleme sistemidir. En önemli avantajı; doğal yapıya zarar vermeden aynı lezyon üzerindeki demineralizasyon ve remineralizasyon sürecindeki mineral değişikliklerini ölçmesi ve görselleştirmesidir. Aynı zamanda yüksek hassasiyetle tekrarlanabilir sonuçlar vermesi ve üç boyutlu görüntülerinin elde edilebilmesi avantajları arasındadır (142).

2.2.8.8. Konfokal lazer tarama mikroskobu (CLSM)

CLSM, 3 boyutlu örnekler yoluyla yüksek çözünürlüklü görüntüler, 3 boyutlu rekonstrüksiyonlar ve optik kesitler elde etmek için kullanılan bir araçtır. Dişlerin yarı

saydamlığı, yansıma modunda yüzeyden yaklaşık 150-200 um seviyesinde kullanılan CLSM ile mikroyapılarının tahribatsız yüzey altı görüntüsünü sağlamaktadır (143).

Erozyon çalışmalarında kullanılan CLSM, sert doku örneklerinin ışık yansıması ve ışık saçılımı bir diş örneği içerisindeki mikro histolojik değişikliklerden etkilendiği için, sert doku yıkımı veya mineral çözünmesinin nitel değerlendirilmesi ve yorumlanmasına izin veren histotomografik görüntüler sağlamaktadır. Bu görüntüler demineralizasyonun kesin derecesi hakkında sadece sınırlı bilgi sağladığından, CLSM çoğunlukla diğer yöntemlerle (örneğin mikrosertlik, mineral kaybı analizi veya diğerleri) birleştirilmektedir. CLSM'nin en büyük avantajı, sistemin erozyonla değiştirilmiş alt tabakaya 3 boyutlu bakış açısı kazandıran yüksek bir çözünürlük sağlamasıdır (144, 145).

2.2.8.9. Atomik kuvvet mikroskopisi (AFM)

1980 yılında geliştirilen AFM, taramalı mikroskoplar ailesinde yer alıp biyolojik ve biyomalzeme araştırmalarında kullanılmaktadır (146). AFM esnek bir yaya bağlı keskin bir uç sayesinde örnek yüzeyi üzerinde ileri geri hareket ettirilebilmektedir. Aynı zamanda nano-Newton yüklemesi yapılarak örneklerin yüzey konturları izlenmekte ve yüzey topografik haritası çıkarılmaktadır (147).

2.2.8.10. Taramalı elektron mikroskobu (SEM)

SEM modern bilimin hemen hemen her alanında kullanılan köklü bir teknik olup yüzey yapısı ile ilgili ayrıntılı bilgi elde etmek için kullanılan geleneksel bir yöntemdir. Örnekler altın veya karbon gibi iletken bir madde ile kaplandıktan sonra gözlemlenebildiğinden direk yüzey görüntüleme tekniği kategorisi içerisine girmemektedir. Ayrıca yüksek vakum altında çalıştığından su içeren örneklerin görüntülenmesine izin verilememektedir (148).

SEM'de görüntü almak için elektron lensleri tarafından odaklanan elektron ışın demetinin incelenecek yüzeyi devamlı taraması sağlanabilmektedir. Tarama sırasında, yüzeye çarpan bu elektronlar ikincil elektronların fırlamasına neden olur. Bahsi geçen ikincil elektronlar ise elektronların çarpmasıyla kısa zamanlı ani ışık parlamaları

oluşturan kristale gönderilir. Kristalde meydana gelen parlamalar ise bir lamba ile elektrik sinyaline çevrilir ve de başka bir lamba ekranında yüzeyin yapısını gösteren bir görüntü meydana getirilmektedir (149).

Stereomikroskop ile karşılaştırıldığı zaman aralarında bulunan en büyük fark; stereomikroskop bir görüntüyü büyütmek için ışığı kullanırken, SEM'in ise elektron ışınını kullanmasıdır. Her ikisinde de çözünme gücü yüksek dalga boyuna bağlıdır. SEM örnekleri vakum içerisinde gözlenirken, stereomikroskopun örnekleri ise sıvı ve katı atmosfer ortamında kolayca gözlenmektedir (137).

2.2.8.11. Enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi EDX (EDS)

Enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi, EDX veya EDS şeklinde kısaltılabilmektedir. SEM içine eklenebilen mikro analiz şeklidir. İncelenecek materyalin kimyasal kompozisyonu hakkında bilgi edinilmesini sağlamaktadır (146).

Örnek yüzeyi ile elektron ışını arasındaki etkileşim, örnek yüzeyindeki iyon ve atomlardan X ışınları yayılmasına neden olmaktadır. Yüksek enerjili elektron ışını incelenecek cisme gönderildiği zaman atomun iç kabuğunda yer alan bir elektron atomun yörüngesinden dışarı çıkar. Oluşan boşluk elektronun dış kabuğu tarafından doldurulur ve atom çok yüksek bir enerjiye sahip olur. Bu enerji X ışını şeklinde dağıtılır ve dağılan bu X ışınları yüzeyde yer alan element dağılımı hakkında bilgi edinilmesini sağlamaktadır (150).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. ETİK KURUL ONAYI

Çalışma için gerekli olan etik kurul onayı Keçiören Eğitim ve Araştırma Hastanesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı tarafından alındı (karar no:1369 karar tarihi: 08.03.2017).

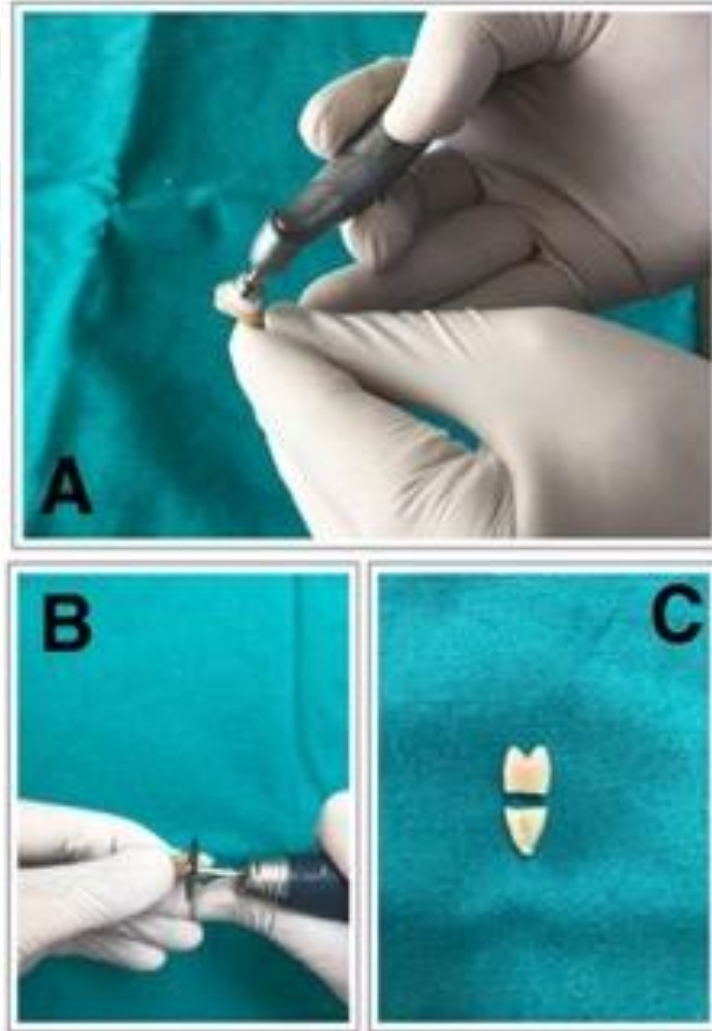
İn vitro laboratuvar çalışması olan tezin deneysel bölümleri Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Sert Doku Laboratuvarında, kimyasal solüsyonların hazırlanması Yeditepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesinde, SEM incelemesi TÜBİTAK Araştırma Merkezinde yapıldı.

3.2. DIŞ ÖRNEKLERİNİN HAZIRLANMASI VE SAKLANMASI

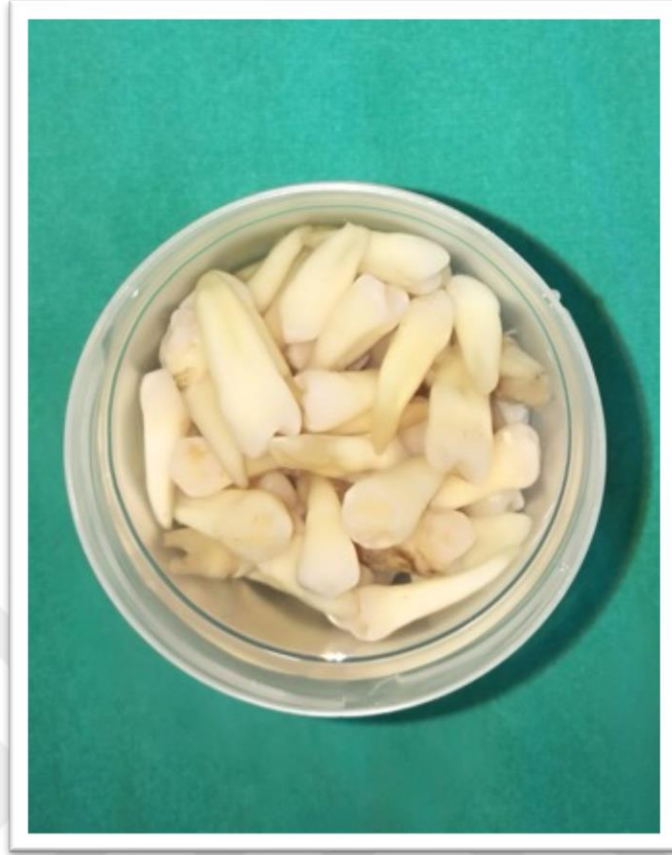
İn vitro koşullarda yapılan değerlendirme öncesi, çalışma gruplarının sayılarını tespit etmek için istatistiksel olarak yapılan güç analizi sonucunda Power: 0.95 ve $\alpha:0.05$ için tespit edilen örneklem sayısı her bir grup için $n=20$ olarak saptandı. Çalışmayı her biri 20'şer diştten oluşan 6 grup oluşturulmuş olup toplam 120 adet çekilmiş insan küçük azı dişi üzerinde inceleme yapıldı. Çalışmaya dahil edilen 120 adet insan küçük azı dişi, SBÜ Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Hastalıkları Cerrahisi Anabilim Dalı'nda ortodontik amaçla çekim endikasyonu olan atık dişlerden elde edildi. Dişlerin kök gelişimleri tamamlanmış olup; çürük, hipomineralizasyon, çatlak, erozyon, abrazyon, yenileme, davye tahribatı vs. bulunmayan, amorf olmayan, herhangi bir kimyasal ajan uygulanmamış dişler çalışmaya dahil edildi.

Diş yüzeyinde yer alan eklentiler, el aletleri kullanılarak dişin yüzeyinden temizlendikten sonra, tüm dişlerin mine yüzeyleri flor içermeyen pomza kullanılarak düşük devirli mikromotor/anguldruvaya (Kavo Dental GmbH, Biberach, Almanya) takılan fırça ile polisajı yapıp temizlendi. Ardından pomzayı ve debrisini mine yüzeyinden uzaklaştırmak için 30 saniye süreyle yıkanıp, yüksek turda elmas separe (1,5 mm. ve kalınlığı 0,10 mm. elmas granüllerine sahip esnek disk, 911 HEF, Komet, Germany) kullanılarak kök kısımlarının 2/3 lük kısmı ayrıldı(Şekil 3.1). Dişler,

%0,1'lik timol solüsyonunda en çok iki ay zaman ile çalışma düzeneği hazırlanana kadar bekletildi. (Şekil 3.2) Dişlerin saklanma süresi çekimi takiben en fazla 6 aydır. Diş örnekleri için alt ve üst yüzeyi birbirine paralel, iç çapı 1,5 cm, yüksekliği 2 cm. olacak şekilde standart paslanmaz çelik halka kalıplar hazırlanıp, dişler halka içine soğuk akrilik (Meliodent, Kulzer Mitsui Chemicals Group. GERMANY) yardımıyla test cihazına yerleştirilebilecek şekilde yere paralel olarak gömüldü. Erozyon remineralizasyon siklusu yapılacak 120 adet mine yüzeyine yaklaşık 4×4 mm'lik bir alanı taklit eden etiketler yapıştırıldı ve ardından tüm diş yüzeyleri aside dirençli bir tırnak cilası ile kaplandı. Aside dirençli cilanın kurumasının ardından etiketler diş yüzeyinden uzaklaştırılıp, yapışkan kalıntılar pamuk yardımı ile temizlendi (Şekil 3.3).



Şekil 3.1: Dişlerin profilaksi fırçasıyla temizlenmesi (A), dişlerin mikromotor ve elmas separe yardımıyla kron ve kök kısımlarının ayrılması (B-C),



Şekil 3.2: Timollü suda bekletilen dişler



Şekil 3.3: Dişlerin metal bloklara gömülmesi ve aside dirençli cilanın uygulanması.

3.3. ÇALIŞMA SOLÜSYONLARININ HAZIRLANMASI

Çalışma öncesi tüm diş örnekleri %0,1'lik timol solüsyonunda en çok iki ay zaman ile çalışma düzeneği hazırlanana kadar bekletilip solüsyon birer haftalık aralıklarla yenilendi. Hazırlanan mine yüzeylerinde mine erozyonu oluşturulmak amacıyla erozyon solüsyonu ve erozyon remineralizasyon siklusunda kullanılmak üzere yapay tükürük solüsyonu Yeditepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi tarafından hazırlandı.

3.3.1. Erozyon Solüsyonunun Hazırlanması

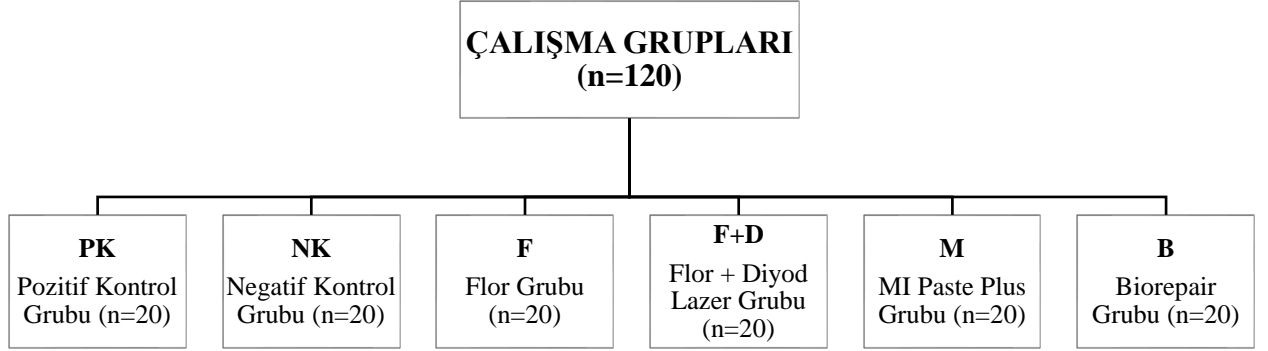
Sitrik asit birçok asitli içecekte bulunan ve şiddetli erozyon oluşturma potansiyeline sahip olan bir bileşendir. Çalışmada sitrik asit ihtiva eden içecekleri taklit etmek için %1'lik (pH 2,4) sitrik asit çözeltisi kullanıldı. Hassas terazide 10 gram sitrik asit* tartılıp üzerine 1 litreye kadar distile su ilave edilerek %1'lik sitrik asit çözeltisi elde edilip, çözeltinin pH'ını belirlemeden önce pH metrenin (Jenway 3010 pH meter, Essex, İngiltere) pH'ını 4,01 ve 7,0 olan tamponlarla kalibre edildi. Çalışmada kullanılacak olan eroziv çözeltinin pH'ı 2,4'e ayarlamak için gerektiği kadar 1M sodyum hidroksit ilave edildi. Bir litre 1 M sodyum hidroksit çözeltisi hazırlamak için ise 40 gram sodyum hidroksit** bileşiği üzerine 1 litreye kadar distile su ilave edilerek solüsyon hazırlandı.

*C₆H₈O₇, Merck, Almanya, **NaOH, Merck, Almanya

3.3.2. Yapay Tükürük Solüsyonunun Hazırlanması

- 1,5 mM Kalsiyum Klorür [CaCl₂]
- 0,9 mM Sodyum Dihidrojen Fosfat [NaH₂PO₄]
- 150 mM Potasyum Klorür [KCl]
- 1.0 M KOH ile pH 7 olarak ayarlanıp, bütün solüsyonların içerisine mikrobiyal kontaminasyonu önlemek için 0.01% (w/v) Sodyum Azid [NaN₃] ilavesi yapıldı.

3.4. ÇALIŞMA GRUPLARININ OLUŞTURULMASI



Şekil 3.4: Çalışma gruplarının oluşturulması.

Çalışmayı herbiri 20’şer dişten oluşan 6 grup oluşturulup toplam 120 adet çekilmiş insan küçük azı dişi üzerinde inceleme yapıldı (Şekil 3.4). Gruplar ve özellikleri ise şu şekildedir:

a) Pozitif Kontrol grubu (Grup PK): Deney süresince artıkların uzaklaştırılması, %1’lik Sitrik asit çözeltisi (pH 2,4) braket yapıştırma prosedürü ve erozyon remineralizasyon siklusu dışında yüzeye hiçbir işlem yapılmadı. İnsana ait olan ve çekilen küçük azı dişleri arasından rastgele seçilen 20 adet dişten oluşan gruptur.

b) Negatif Kontrol grubu (Grup NK): Deney süresince artıkların uzaklaştırılması, yapay tükürükte bekletilmesi ve braket yapıştırma prosedürü dışında yüzeye hiçbir işlem yapılmadı. Çekilmiş olan insan küçük azı dişleri arasından rastgele seçilen 20 adet dişten oluşan gruptur.

c) Flor grubu (Grup F): Rastgele seçilen 20 dişe, %1’lik Sitrik asit çözeltisi (pH 2,4) sonrasında mine yüzeyine flor jeli (%1.23 APF jeli) uygulanıp braket yapıştırılan gruptur.

d) Flor + Diyod Lazer Grubu (Grup F+D): Rastgele seçilen 20 dişe, %1’lik Sitrik asit çözeltisi (pH 2,4) sonrasında mine yüzeyine önce flor jeli (%1.23 APF jeli) sonrasında diyod lazer uygulanıp braket yapıştırılan gruptur.

e) **Kazein Fosfopeptit Amorf Kalsiyum Fosfat (CPP-ACP içeren MI Paste Plus) grubu (Grup M):** Rastgele seçilen 20 dişe, %1'lik Sitrik asit çözeltisi (pH 2,4) sonrasında mine yüzeyine CPP-ACP+900 ppm flor (MI Paste Plus) uygulanıp braket yapıştırılan gruptur.

f) **Nano-hidroksiapatit içeren diş macunu (Biorepair) grubu (Grup B):** Rastgele seçilen 20 dişe, %1'lik Sitrik asit çözeltisi (pH 2,4) sonrasında mine yüzeyine Nano-hidroksiapatit içeren diş macunu (Biorepair) uygulanıp braket yapıştırılan gruptur.

Negatif kontrol grubu dışında diğer tüm gruplardaki dişlerin mine yüzeyleri üzerinde erozyon oluşturulabilmesi için, önce günde 6 defa 2 dakika erozyon solüsyonunda (%1'lik sitrik asit çözeltisi pH 2,4) bekletilip, bu sürenin sonunda distile su ile yıkandı. Pozitif kontrol grubu daha sonrasında yapay tükürük solüsyonunda bekletildi. Pozitif ve Negatif kontrol grupları dışındaki gruplara yıkandıktan sonra hava ile kurutulan mine yüzeylerine günde 2 defa 2'şer dk. remineralizasyon ajanları uygulanıp işlem sonunda bu ajanlar distile su ile yıkanarak uzaklaştırıldı. Daha sonra tüm örnekler yapay tükürük solüsyonunda (1,5 mM Kalsiyum Klorür [CaCl₂], 0,9 mM Sodyum Dihidrojen Fosfat [NaH₂PO₄], 150 mM Potasyum Klorür [KCl] pH=7) bekledildi ve bu siklus 10 gün süresince devam ettirildi. Negatif kontrol grubundaki örnekler sadece yapay tükürük solüsyonunda bekletildi.

3.5. EROZYON/REMİNERALİZASYON SİKLUSU

Remineralizasyon Ajanlarının İçerikleri:

Flor: % 1.23 Asitlendirilmiş Fosfat Florid jel (APF) (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: %1.23 Asitlendirilmiş Fosfat Florid jel

F+Diyod Lazer: %1.23 APF Jeli + Diyod Lazer. Çalışmamızda Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı'nda bulunan Biolase EPIC X, USA marka diyod lazer kullanıldı (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: %1.23 Asitlendirilmiş Fosfat Florid jel+Diyod Lazer

MI Paste Plus: Saf su, Gliserol, CPP-ACP, D-sorbitol, CMC-Na, Propilen glikol, Silikon dioksit, Titanyum dioksit, Ksilitol, Fosforik asit, Sodyum Florid, Tatlandırıcı, Sodyum sakarin, Etil-hidroksibenzoat, Propil p-hidroksibenzoat, Butil p – hidroksibenzoat (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: CPP-ACP içerikli MI Paste Plus

Nano-hidroksiapatit içeren diş macunu (BioRepair® (Coswell S.p.A., Bologna, İtalya)): Nano-hidroksiapatit, çinko sitrat, tetrapotasyum pirofosfat, Hidrate silika, sellüloz gum, sorbitol, gliserin, propilen glikol, tat verici ajan, limon, sodyum sakkarin, titanyum dioksit (CI 77891), su, sodyum benzoat, allantoin (Şekil 3.8).



Şekil 3.8: Nano Hidroksiapatit içerikli Diş Macunu Biorepair

Erozyon remineralizasyon siklusu sırasında kontrol grupları dışındaki gruplara özgü remineralizasyon ajanları aşağıdaki prosedüre göre uygulanmıştır:

1. Pozitif Kontrol grubu (PK):

- Bu gruptaki dişler günde 6 defa 2 dakika pH'ı 2,4 olan %1 sitrik asit erozyon solüsyonunda bekletildi
- Dişler sonrasında bu solüsyondan çıkartılıp distile suyla yıkandı.
- Daha sonra pH'ı 7 olan yapay tükürük solüsyonunda bekletildi.
- Bu siklus 10 gün boyunca tekrarlanmıştır. Kontrol grubu olduğu için herhangi bir ajan uygulanmadı.

2. Negatif Kontrol Grubu (NK)

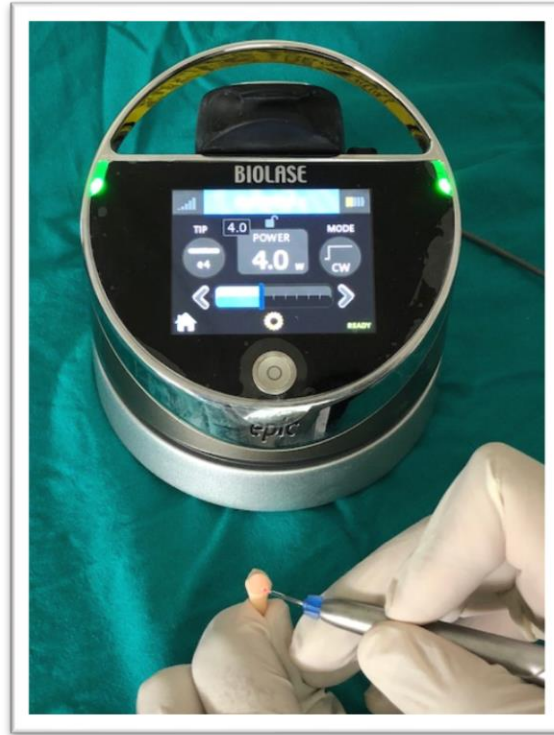
- Bu gruptaki dişler pH'ı 7 olan yapay tükürük solüsyonunda bekletildi.
- Dişler diğer grupların tedavi süresince bu solüsyondan çıkartılıp distile suyla yıkanmış ve tekrar yapay tükürük solüsyonunda bekletildi.
- Bu siklus 10 gün boyunca tekrarlandı. Kontrol grubu olduğu için herhangi bir ajan uygulanmadı.

3. Flor Grubu (F):

- Bu gruptaki dişler günde 6 defa 2 dakika pH'ı 2,4 olan %1 sitrik asit erozyon solüsyonunda bekletildi.
- Dişler sonrasında bu solüsyondan çıkartıldı distile suyla yıkandı ve hafifçe kurutuldu.
- Braket sınırları da dâhil olmak üzere açıkta kalan mine yüzeylerine pamuk uçlu bir aplikatör yardımıyla flor jeli (%1.23 APF) uygulandı ve 2 dakika boyunca bekletildi.
- Daha sonra flor jeli distile su ile yıkanıp mine yüzeyi hafifçe kurutuldu.
- Kurutulan dişler pH'ı 7 olan yapay tükürük solüsyonunda bekletildi.
- Bu siklus 10 gün boyunca tekrarlandı.

4. Flor +Diyod Lazer Grubu(F+D):

- Bu gruptaki dişler günde 6 defa 2 dakika pH'ı 2,4 olan %1 sitrik asit erozyon solüsyonunda bekletildi.
- Dişler sonrasında bu solüsyondan çıkartıldı distile suyla yıkandı ve hafifçe kurutuldu.
- Braket sınırları da dâhil olmak üzere açıkta kalan mine yüzeylerine pamuk uçlu bir aplikatör yardımıyla flor jeli uygulanmış ve 2 dakika boyunca tutuldu.
- Flor jeli uygulaması yapıldıktan sonra yüzey deiyonize su ile yıkayıp kağıt peçete ile kurulandı ve ardından 4 Watt gücünde 60 Joule, 15 sn, olacak şekilde üretici firmanın önerileri doğrultusunda diyod lazer uygulandı. Atım süresi 1ms-1s, tekrarlama oranı 0,5 Hz- 0,5kHz olan diyod lazer ışınları örnek yüzeylerine fiber taşıma sistemi ile iletildi. (Şekil 3.9).
- Ardından flor distile suyla temizlenip mine yüzeyi hafifçe kurutulup, kurutulan dişler pH'ı 7 olan yapay tükürük solüsyonunda bekletildi, bu siklus 10 gün boyunca tekrarlandı.



Şekil 3.9: Örneklere Diyod Lazerin Uygulanması

5. Kazein Fosfopeptit Amorf Kalsiyum Fosfat (CPP-ACP içeren MI Paste Plus) Grubu (M):

- Bu gruptaki dişler günde 6 defa 2 dakika pH'ı 2,4 olan %1 sitrik asit erozyon solüsyonunda bekletildi.
- Dişler sonrasında bu solüsyondan çıkartıldı distile suyla yıkandı ve hafifçe kurutuldu.
- Braket sınırları da dahil olmak üzere açıkta kalan mine yüzeylerine pamuk uçlu bir aplikatör yardımıyla MI Paste Plus uygulandı ve 2 dakika boyunca tutuldu.
- Ardından CPP-ACP içeren pat distile suyla temizlenip mine yüzeyi hafifçe kurutuldu.
- Kurutulan dişler pH'ı 7 olan yapay tükürük solüsyonunda bekletildi.
- Bu siklus 10 gün boyunca tekrarlandı.

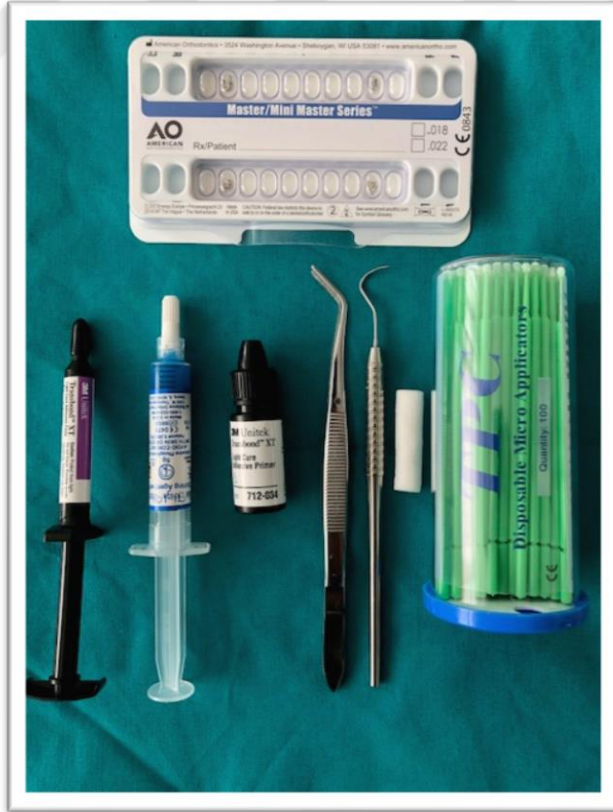
6. Nano-hidroksiapatit içeren diş macunu (Biorepair) grubu (B):

- Bu gruptaki dişler günde 6 defa 2 dakika pH'ı 2,4 olan %1 sitrik asit erozyon solüsyonunda bekletildi.
- Dişler sonrasında bu solüsyondan çıkartıldı distile suyla yıkandı ve hafifçe kurutuldu.
- Braket sınırları da dâhil olmak üzere açıkta kalan mine yüzeylerine pamuk uçlu bir aplikatör yardımıyla nano-hidroksiapatit içeren biorepair diş macunu uygulandı ve 2 dakika boyunca tutuldu.
- Ardından nano-hidroksiapatit içeren biorepair diş macunu distile suyla temizlenip mine yüzeyi hafifçe kurutuldu.
- Kurutulan dişler pH'ı 7 olan yapay tükürük solüsyonunda bekletildi.
- Bu siklus 10 gün boyunca tekrarlandı.

3.6. DİŞLERİN BRAKETLENMESİ

Çalışmamızda farklı remineralizasyon tedavi yöntemleri uygulanan dişlerin kurumasının ardından aynı standartlarda ve tek uygulayıcı (Dt. Alaattin TEKELİ) tarafından braketleme yapıldı. İlk olarak her bir dişin bukkal yüzeyine 20 sn. süre ile %37 'lik özelliikteki ortofosforik asit jel uygulandı. Daha sonra temizlenip kurutulan diş yüzeylerine adeziv primeri sürüldü. Bu işlem sonrasında adeziv braket tabanına uygulanıp, diş yüzeyine yerleştirildi. Çalışmada braketler, birbirinden farklı remineralizasyon ajanları ile işlem görmüş diş mine yüzeylerine yapıştırılması esnasında ışıkla sertleşen Transbond XT rezin (3M Unitek, ABD) (Şekil 3.10) uygulandı.

Braket olarak Mini Master 0.018 slot (American Orthodontics, USA) paslanmaz çelik braketler kullanıldı. Braketlerin taban alanı 10 mm² dir (Şekil 3.10). Işık kaynağı olarak 430-480 nm arasında mavi renkte ışık ortaya koyan Light Emitting Diode (LED) makinesi kullanılmıştır (3M Elipar FreeLight 2, 3M ESPE, USA) (Şekil 3.11). Yapıştırılan braketlere 10 sn. mezialden 10 sn. distalden olmak üzere 20 sn. süreyle ışık uygulanmıştır.



Şekil 3.10: Braketlerin yapıştırılmasında kullanılan gereçler



Şekil 3.11: Light Emiting Diode (LED) ışık cihazı

3.7. TERMAL SIKLUS İŞLEMİNİN YAPILIŞI

Bağlanma dayanımının değerlendirileceği örnekler braketler yapıştırıldıktan sonra termal siklus uygulaması Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Sert doku Laboratuvarı'nda bulunan termal siklus cihazı (Dentester, Salubris Technica, İstanbul, Türkiye) ile yapıldı (Şekil 3.11).



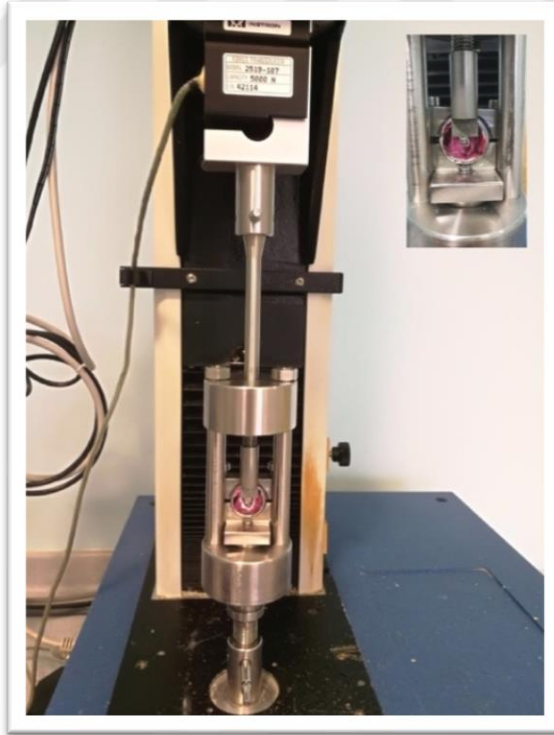
Şekil 3.11: Termal siklus cihazı

Bu cihazda 2 adet su tankı bulunmaktadır. Termal siklus cihazında örneklerin sıcaklıkları sabitlenmiş tanklara sırasıyla batırılacağı mekanizma mevcuttur.

Hazırlanan örnekler 5 °C ile 55 °C sıcaklıktaki su banyolarına sırayla 500 defa batırıldı. Örneklerin banyoya batırıldığı zaman tankın içerisinde her defa durduğu süre 20 saniye, banyolar arasındaki aktarım zamanı ise cihaz tarafından 10 saniyeye ayarlandı.

3.8. MAKASLAMA DAYANIM TESTİNİN UYGULANMASI

Yapıştırılan braketlerin makaslama dayanımı testleri Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde bulunan universal test cihazı (Instron Universal test cihazı, Elista, İstanbul, Türkiye) (Şekil 3.12) kullanılarak gerçekleştirildi. Cihaz içerisinde, örneği sabit tutacak şekilde bir düzenek yer almaktadır. Bıçak ucu gibi uca doğru keskinleşen yükleme ucu, braket yapıştırılan yüzeye paralel olacak şekilde yerleştirildi. Diş braket ara yüzeyine, braket ayrılana kadar 0,5 mm/ dakika hızla makaslama kuvveti uygulanıp ortaya çıkan veriler cihaza bağlı olan bilgisayar yardımıyla Newton olarak kaydedildi. Sonuçlar daha sonra $Mpa(N/mm^2) = \text{Kuvvet (Newton)}/\text{Braket alanı (mm}^2)$ denklemi kullanılarak Megapaskala (Mpa) çevrildi.



Şekil 3.12: Instron Universal test cihazı, Elista, İstanbul, Türkiye

3.9. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM) İNCELEMESİNİN YAPILIŞI

SEM için örnekler özel akriliklere (SamplKvick Acrylic System, Buehler Lake Bluff, Illinois, USA) gömüldü (Şekil 3.13). Örnekler SEM incelemesi yapılmak üzere TÜBİTAK Araştırma Merkezi'ne götürülüp mine örnekleri 100 Angstrom (Å) kalınlığında platin ile kaplanarak, farklı büyütmelerde alınan görüntüler değerlendirildi (Şekil 3.14-3.16).



Şekil 3.13: SEM örneğinin hazırlanması.



Şekil 3.14: Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) cihazı.



Şekil 3.15: Au-Pd-Platin kaplama cihazı.



Şekil 3.16: Au-Pd-Platin kaplanmış SEM örneği.

3.10. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

İstatiksel incelemeler bilgisayar ortamında SPSS (Statistical Package for Social Sciences, SPSS for Window 17.0, IBM, USA) paket programında yapıldı. Altı gruptan elde edilen Mpa cinsinden kuvvet değerlerinin ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum verilerini içeren tanımlayıcı istatistik verileri hesaplandı. Grupların karşılaştırması 'Varyans Analizi' (ANOVA) ve Tukey post hoc testleri ile yapıp, $p < 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

4.1. MAKASLAMA DAYANIMI TESTİ BULGULARI

Çalışmamızda makaslama dayanımı testi uygulanan altı gruba ait tüm örneklerin makaslama tipi bağlanma dayanımı değerleri Tablo 4.1’de ve ortalama, standart sapma, en düşük ve en yüksek değer aralıkları sonuçları Tablo 4.2’ de, grafiksel gösterimi Şekil 4.1.’de verildi. En düşük makaslama tipi bağlanma dayanımı değerleri sadece erozyona tabi tutulan mine yüzeylerinin bulunduğu Pozitif Kontrol (Grup PK) grubunda (6.56 ± 0.74 Mpa) elde edildi. En yüksek makaslama tipi bağlanma dayanımı değerleri, herhangi bir deney işlemine tabi tutulmayan sağlam mine yüzeylerinin bulunduğu Negatif Kontrol (Grup NK) grubunda (14.32 ± 1.66 Mpa) elde edildi.

Altı gruba ait makaslama tipi bağlanma dayanımı değerleri ‘Varyans Analizi’ ile değerlendirildiğinde gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar olduğu bulundu ($p=0.000$).

Yapılan ‘Tukey Post Hoc Testi’ sonucunda ise, Grup NK ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p=0.000$). Grup PK ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p=0.000$). Grup F ile Grup PK karşılaştırıldığında Grup F’nin (7.95 ± 1.59 Mpa) bağlanma dayanımı değeri Grup PK’ya ($6,56 \pm 0,74$ Mpa) yakın değerlerde bulunmasına rağmen fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p=0.016$). Grup B ($11,67 \pm 1,56$ Mpa) diğer gruplar ile karşılaştırıldığında sadece Grup M (10.85 ± 1.10 Mpa) ile arasında istatistiksel bir fark olmadığı ($p=0.375$), diğer gruplar arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu gözlemlendi ($p=0.000$). Grup M ile Grup F+D karşılaştırıldığında makaslama tipi bağlanma dayanımı değeri Grup F+D’nin ($9,49 \pm 1,00$ Mpa) Grup M’e (9.49 ± 1.00 Mpa) yakın olmasına rağmen fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p=0.018$). Yine Grup M ile diğer gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0.000$).

Son olarak Grup F diğer gruplar ile karşılaştırıldığında fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0.000$), sadece Grup F+D’nin ($9,49 \pm 1,00$ Mpa) makaslama tipi bağlanma dayanımı değeri Grup F (7.95 ± 1.59 Mpa) değerine yakın bulunsada iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p=0.005$) (Tablo 4.3).

Tablo 4.1: Çalışma Gruplarının makaslama tipi bağlanma dayanımı değerleri

Makaslama tipi bağlanma dayanımı değerleri (Mpa)	NEGATİF KONTROL GRUBU	POZİTİF KONTROL GRUBU	BIOREPAIR GRUBU	MI PASTE PLUS GRUBU	FLOR+ DİYOD LAZER GRUBU	FLOR GRUBU
Örnek 1	10,62	6,99	9,68	10,57	11,71	5,58
Örnek 2	16,02	7,60	14,48	10,74	9,66	5,86
Örnek 3	13,18	6,01	11,61	10,48	9,64	7,91
Örnek 4	13,22	6,00	9,94	11,48	10,87	6,57
Örnek 5	12,86	7,39	13,15	12,59	9,81	8,53
Örnek 6	15,83	6,65	13,20	11,44	10,21	6,51
Örnek 7	14,23	6,51	14,00	9,50	8,35	7,47
Örnek 8	14,49	5,13	11,17	10,78	7,73	11,40
Örnek 9	16,79	6,71	11,23	10,26	8,74	6,14
Örnek 10	12,86	5,15	10,96	10,52	8,21	9,58
Örnek 11	15,58	6,75	10,87	9,48	9,46	7,79
Örnek 12	13,76	7,75	11,98	10,49	8,89	7,99
Örnek 13	12,97	6,74	11,68	11,12	9,56	10,73
Örnek 14	14,99	6,55	12,23	12,61	8,36	8,08
Örnek 15	15,27	7,90	11,48	10,36	10,31	8,92
Örnek 16	13,79	5,99	9,99	9,66	8,73	7,36
Örnek 17	16,85	6,07	14,25	13,77	10,23	6,71
Örnek 18	16,85	6,86	11,00	10,80	8,82	7,18
Örnek 19	12,76	6,25	12,13	9,56	10,20	8,67
Örnek 20	13,67	6,36	8,59	10,97	10,35	10,08

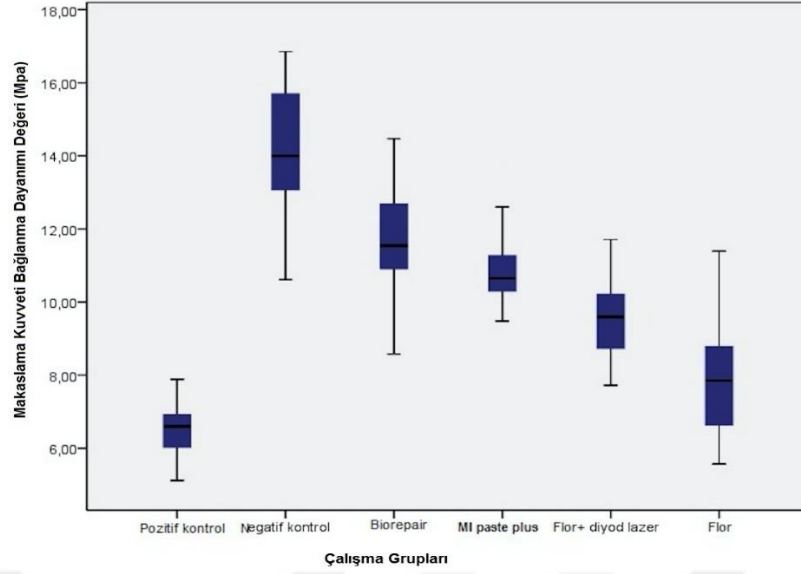
Tablo 4.2: Grupların makaslama tipi bağlanma dayanımı değerlerinin ortalama, standart sapma, en düşük ve en yüksek değer aralıkları sonuçları.

Grup	Makaslama tipi bağlanma dayanımı değeri (ortalama \pm SD Mpa)	Makaslama tipi bağlanma dayanımı değeri (en düşük, Mpa)	Makaslama tipi bağlanma dayanımı değeri (en yüksek, Mpa)
NK	14,32 \pm 1,66	10,62	16,85
PK	6,56 \pm 0,74	5,13	7,90
B	11,67 \pm 1,56	8,59	14,48
M	10,85 \pm 1,10	9,48	13,77
F+D	9,49 \pm 1,00	7,73	11,71
F	7,95 \pm 1,59	5,58	11,40

NK: Negatif kontrol grubu, PK: Pozitif kontrol grubu, B: Biorepair grubu, M: MI Paste Plus grubu, F+D: Flor + Diyod lazer grubu, F: Flor grubu.

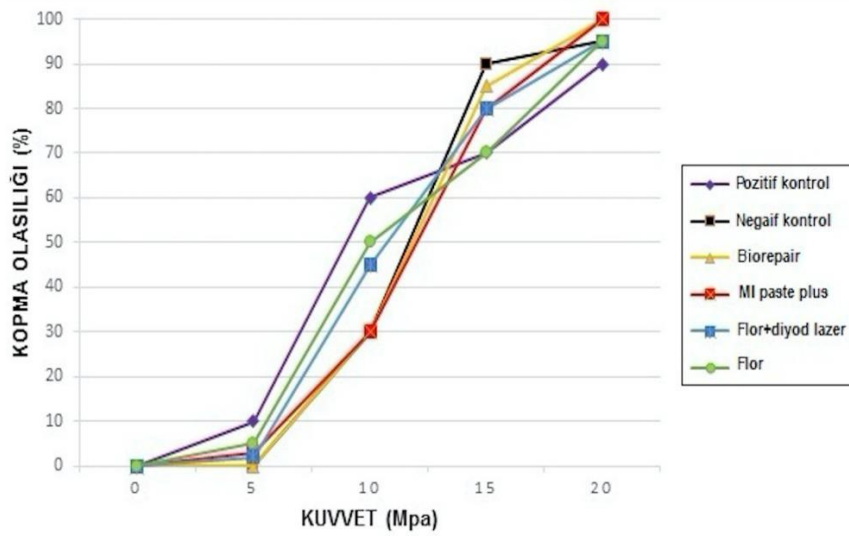
Tablo 4.3: Grupların bağlanma dayanımı test ölçümlerinin ortalamalarının gruplar arası karşılaştırılması. Tukey çoklu karşılaştırma testi.

Negatif Kontrol / Biorepair	<0,001
Negatif Kontrol / MI Paste Plus	<0,001
Negatif Kontrol / Flor+Diyod Lazer	<0,001
Negatif Kontrol / Flor	<0,001
Pozitif Kontrol / Biorepair	<0,001
Pozitif Kontrol / MI Paste Plus	<0,001
Pozitif Kontrol / Flor+Diyod Lazer	<0,001
Pozitif Kontrol / Flor	0,016
Biorepair / MI Paste Plus	0,375
Biorepair / Flor+Diyod Lazer	<0,001
Biorepair / Flor	<0,001
MI Paste Plus / Flor+Diyod Lazer	0,018
MI Paste Plus / Flor	<0,001
Flor+Diyod Lazer / Flor	0,005



Şekil 4.1: Çalışma gruplarına ait bağlanma dayanımlarının grafiksel gösterimi.

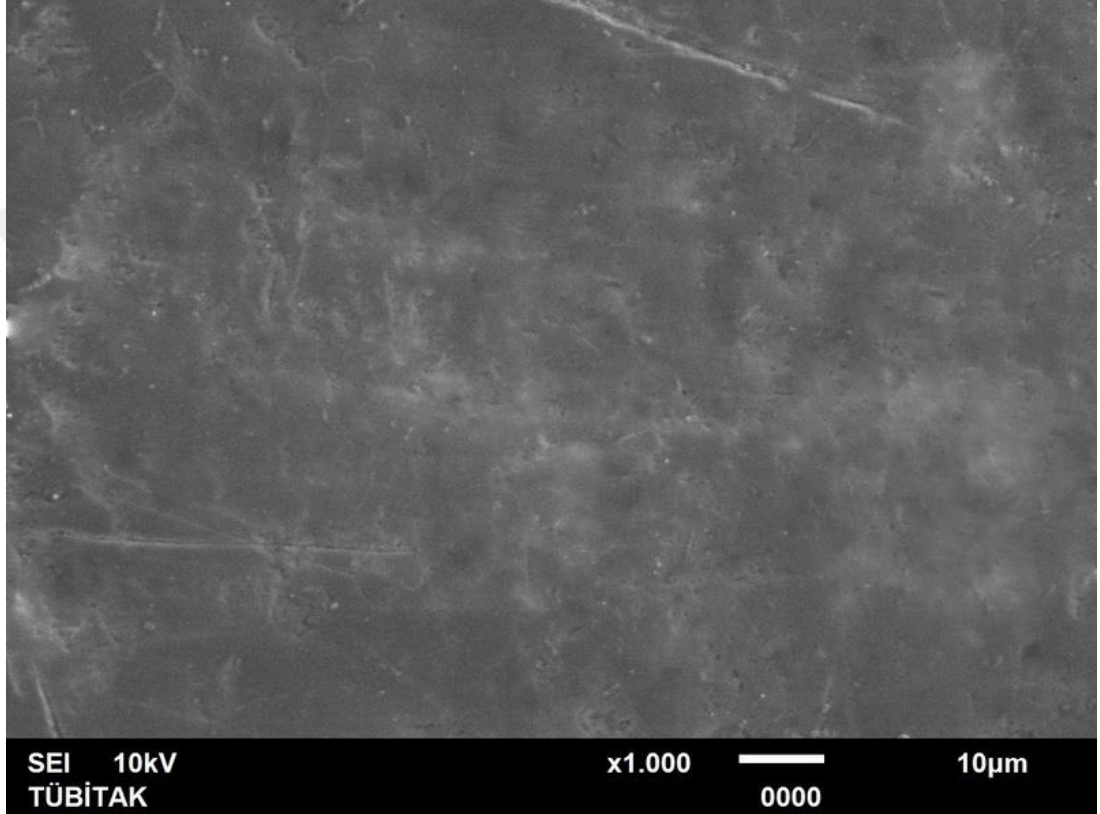
Test edilen altı gruba ait 'Kopma Olasılığı-Kuvvet Grafiği', Reynolds'ın klinik başarı için belirlediği en alt bağlanma dayanımı değerleri olan 5.9-7.8 Mpa göz önünde bulundurularak incelendiğinde, Pozitif kontrol (Erozyona uğratılmış mine) grubunda braketlerin %85'nin, Flor grubunda %90'nın, Flor+Diyod Lazer Grubunun %100'ünün, MI Paste Plus grubunda %100'nün, Biorepair grubunda %100'nün ve Negatif Kontrol (sağlam mine) grubunda %100'nün bu değer aralığında sağlam olduğu belirlendi (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Çalışma gruplarının belirli kuvvetlerde kopma olasılığını gösteren grafik.

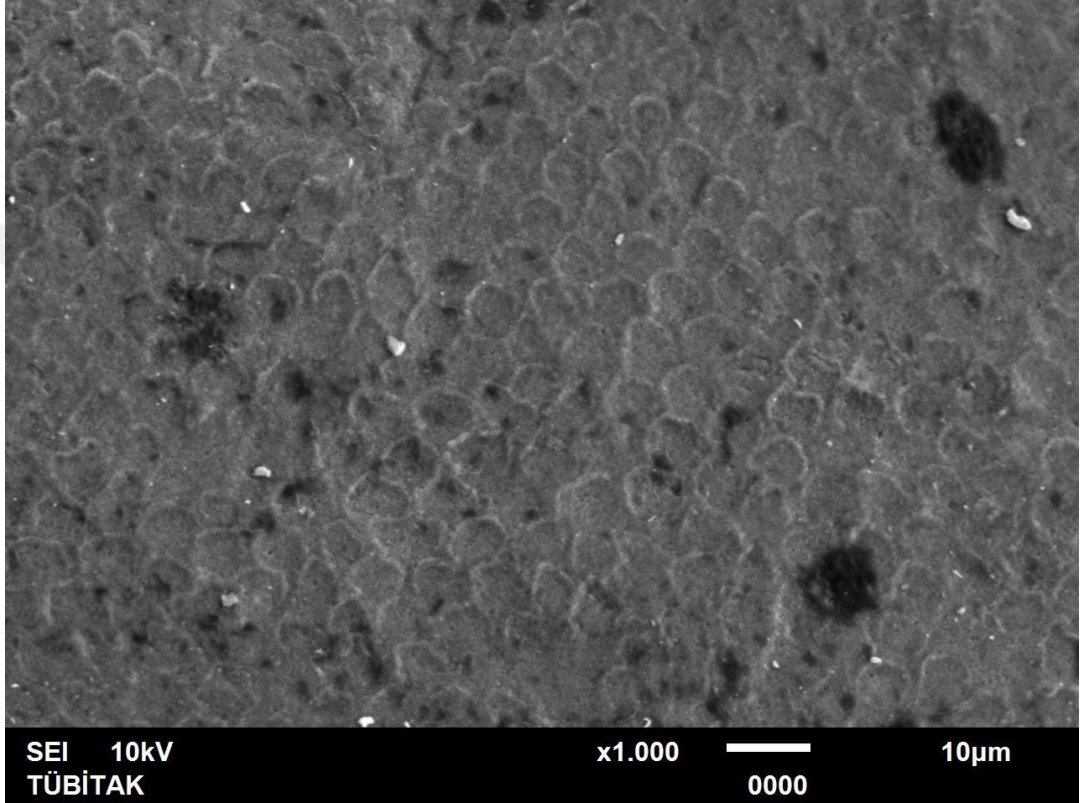
4.2. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM) BULGULARI

Sağlam mine yüzeyinden alınan SEM görüntülerinde yüzeyin pürüzsüz olduğu; mine prizmalarının düzenli yerleşimi nedeni ile homojen bir görünüme sahip olduğu izlenmektedir. Sağlam mine yüzeyinde oluklar ve perikimata çizgileri gibi tipik mine yapıları belirgin olmuştur; Ayrıca dişlerde yaşanan kümülatif mekanik etkilerin göstergesi olan küçük girintiler veya çukurcuklar gözlemlendi (Şekil 4.3).



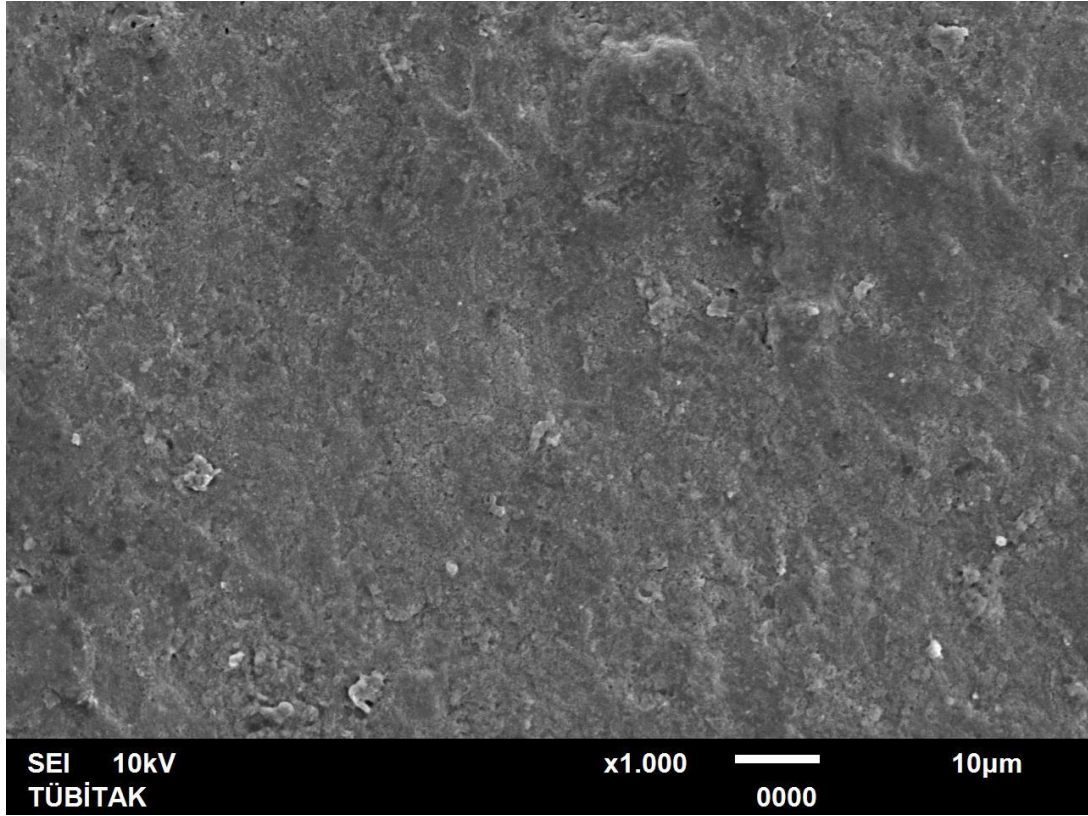
Şekil 4.3: Sağlam mine (Negatif kontrol grubu) örneğinin hiçbir uygulama yapılmamış x1000 büyütmedeki SEM görüntüsü.

Erozyon oluşturulmuş ve herhangi bir tedavi işlemi uygulanmamış demineralize mine yüzeyinin poröz yapıda olduğu ve prizmaların çapının artarak düzensiz bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Ayrıca prizma korlarının erozyon süreci sırasında eriyerek uzaklaşması sonucu düzensiz bir yüzey erozyonu paterni gözlemlenip, bal peteği yapılarının varlığı, mine prizmalarının demineralizasyonunu düşündürdü (Şekil 4.4).



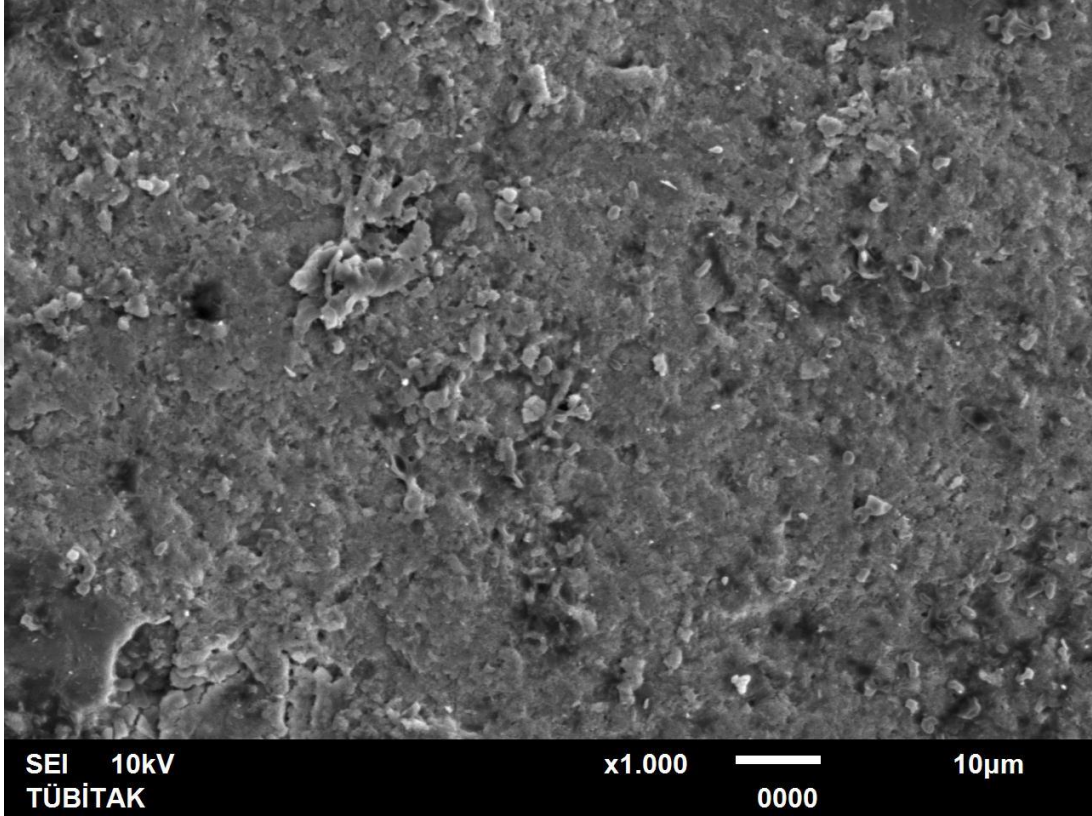
Şekil 4.4: Erozyon solüsyonu sonrası hiçbir uygulama yapılmamış örneklerin x1000 büyütmedeki SEM görüntüsü.

Flor jeli uygulanmış örneklerin SEM görüntülerinde (Şekil 4.5), demineralize alanlar bir miktar balpeteği yapıları şeklinde hala görülmekte olduğu, hafif bir düzensiz erozyon paterni gözlemlendi. Aynı zamanda mine morfolojisinde görülen CaF_2 'ye benzer özellik gösteren yapılar gözlemlendi.



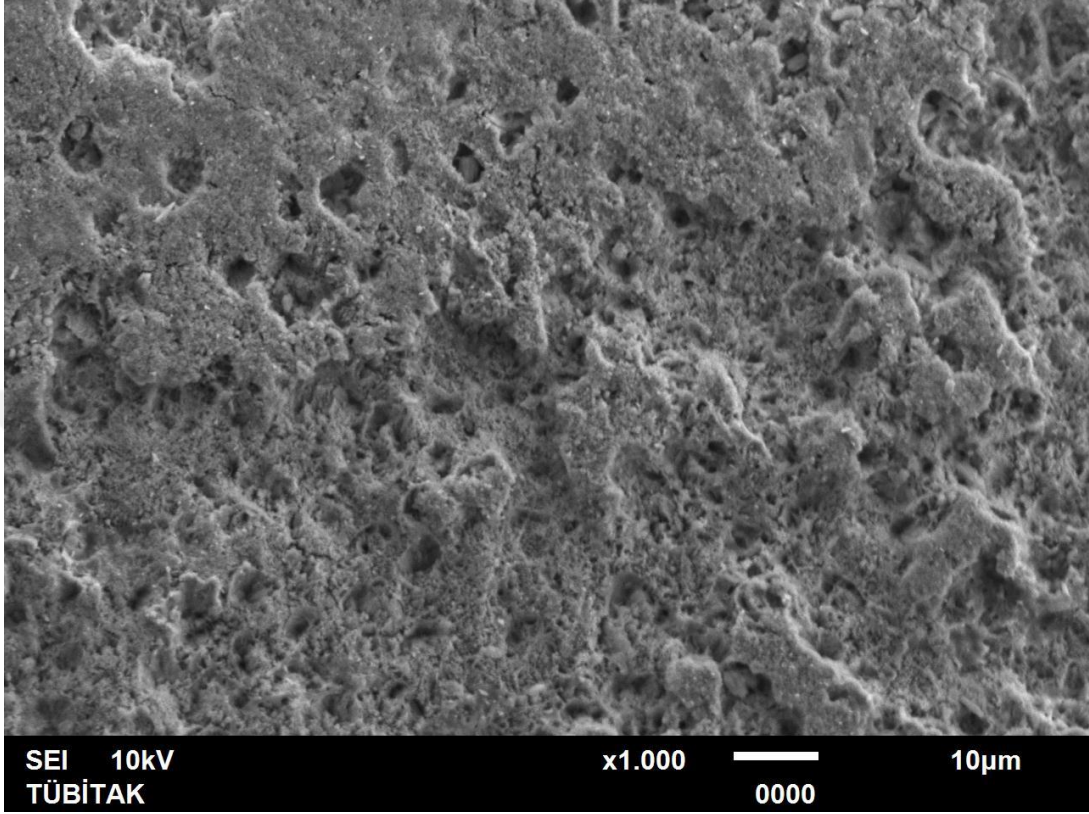
Şekil 4.5: Erozyon sonrası flor jeli uygulaması yapılan örneğin x1000 büyütmedeki SEM görüntüsü.

Flor jel varlığında diyot lazer uygulanmış mine yüzeyindeki SEM görüntüsünde mine morfolojisinde görülen CaF_2 'ye benzer özellik gösteren CaF_2 kümelenme alanları tek başına Flor uygulanmış SEM görüntülerinden daha fazla olarak mine yüzeyinin değişik bölgelerinde gözlemlendi (Şekil 4.6).



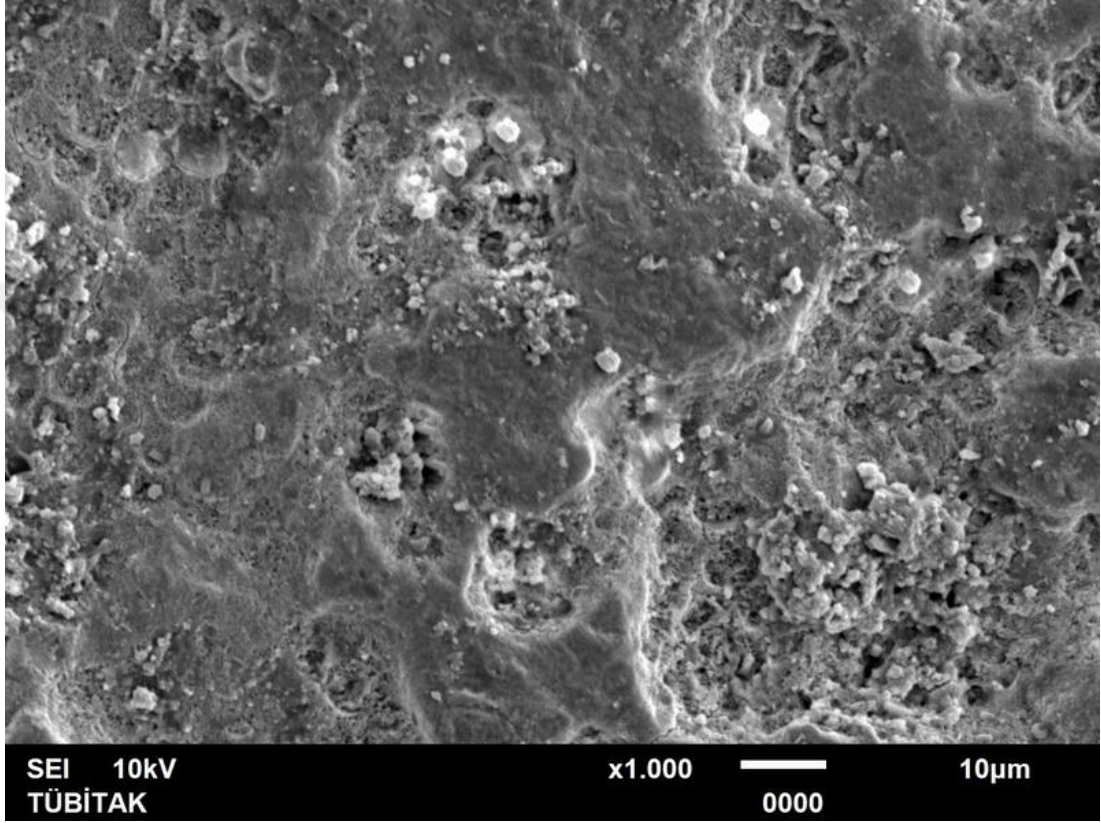
Şekil 4.6: Erozyon sonrası flor+Diyod lazer uygulaması yapılan örneğin x1000 büyütmedeki SEM görüntüsü.

CPP-ACPF patı (MI Paste Plus) uygulanan mine örneklerinin yüzeylerinde ise flor ve Flor+Diyod lazer gruplarından farklı olarak içerdiği kazeinden dolayı remineralizasyonun daha pürüzsüz ve homojen olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7: Erozyon sonrası CPP-ACPF içerikli MI Paste Plus patı uygulanmış örneğin x1000 büyütmedeki SEM görüntüsü.

Erozyondan sonra, nano-hidroksiapatit içeren diş macunu uygulanmış mine yüzeyinin SEM görüntüsünde demineralizasyondan sonra, mine yüzeyi üzerinde asiküler nanohidroksiapatit kristalleri çökelmiş ve mine yüzeyinin boşlukları ve erozyon alanlarında azalmalar gözlemlendi. Macun içeriğinde flor bulunmadığından dolayı homojen bir görüntü gözlemlenemedi (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Erozyon sonrası nanohidroksiapatit içerikli Biorepair Diş macunu uygulanmış örneğin x1000 büyütmedeki SEM görüntüsü.

5. TARTIŞMA

Son yıllarda yaşam tarzlarının ve şartlarının değişmesi, asitli yiyecek ve içecek tüketimeinin artması erozyon görölme sıklığını artırmıştır. Bu artış bilim insanlarının dikkatini çekmiş ve son 50 yılda erozyonla ilgili birçok çalışma yapılmıştır (42, 151-153). Yapılan çalışmalarda erozyonu önleme ve erozyona karşı dişleri güçlendirme konuları üzerinde durulmuştur (111, 154). Epidemiyolojik alışmalar sonucunda erozyonun görölme sıklığında hızlı bir artış gözlenmesi, bu hastalıktan korunma yolları konusunda daha fazla sayıda çalışma yapılma gereksinimini ortaya çıkarmıştır (155). Diş sert dokularında oluşan erozyon, geri dönüşümü olmayan kayıplar meydana getiren ve ağız sağlığını tehdit eden bir durumdur. Erozyon oluşumunu önlemek için uygulanacak koruyucu yaklaşımlara ihtiyaç vardır (4). Erozyondan korunmak için bireyin diyetinin yeniden düzenlenmesi, tükürük akış hızının uyarılması, eroziv içecek ve yiyecek tüketimeinin azaltılması, uygun ağız hijyenin sağlanması gerekmektedir. Erozyona neden olan etkenler bireyin alışkanlıklarına bağlı olduğundan bu etkenleri kontrol altına almak oldukça zordur. Bu nedenle erozyonu önlemeye yönelik bir takım tedavi stratejileri geliştirilmiştir (15).

Erozyona uğramış mineyi güçlendirmek için alınan önlemler, ortodontik braketlerin bağlanma dayanımını azaltabilecek mikroyapısal değişikliklere işaret eder. Az sayıda çalışma, erozyona uğramış mineye braket bağlanma dayanımı üzerine odaklanmıştır (156).

Bu bilgiler doğrultusunda ve bu konuda çok kısıtlı çalışma olduğundan dolayı biz de çalışmamızda erozyona uğratılmış mine yüzeyinde dört farklı tedavi materyali kullanarak remineralizasyon hedeflediğimiz mine yüzeyine yerleştirdiğimiz ortodontik braketlerin bağlanma dayanımlarını incelemek ve hangi tedavinin mine erozyonunu önlemede daha etkili olduğunu araştırmaktır.

Diş erozyonu en doğal ve en doğru olarak ağız içinde gözlemlenebilir. Fakat ağız içi koşullarını değiştirebilecek birden fazla etken olması, lezyonun ilerleme hızını belirlemenin zor olması, uzun dönem çalışmalara ihtiyaç duyulması, hasta uyumu gerektirmesi ve tek bir etkeni değerlendirmenin zor olmasından dolayı (157), bu tez çalışması in-vitro olarak planlandı.

Substrat olarak insan dişleri dışında primat, domuz, sığır, at ve köpek balığı dişleri kullanılabilir ve birçok araştırmada insan dişlerinin yerine sığır dişi kullanılmıştır (158). Sığır minesinin insan minesinden daha hızlı demineralize olduğu ve erozyona uğradığı bilimsel olarak gösterildiğinden dolayı in vitro ve in situ olarak gerçekleştirilen dental araştırmalarda genellikle insan dişleri kullanılmakta olup, böylece çalışma hipotezinin daha uygun materyal üzerinde araştırılması sağlanmaktadır (159). Tüm bu nedenlerden ve klinik açıdan da yorumlanabilir niteliklerinden ötürü çalışmamızda ortodontik amaçla çekilmiş atık insan küçük azı dişleri kullanıldı. Yapılan in vitro bir çalışmada braket kopması en sık küçük azı dişleri bölgesinde olduğu için, bu dişlerin seçiminde destekleyici rol oynamıştır (159).

İn vitro çalışmalarda sonucu etkileyen önemli bir faktör de çekilen dişlerin kullanılana kadar saklandığı ve sterilize edildiği solüsyondur. Dişlerin dehidrate olmasını önlemek için bir solüsyonun içerisinde bekletilmesi gerekmektedir. İn vitro çalışmalarda kullanılan solüsyonlar distile su ve salindir. Mikroorganizma üremesini engellemek amacıyla içerisine timol, formalin, sodyum hipoklorit, glutraldehit, kloramin T gibi antimikrobiyal maddeler de ilave edilebilmektedir. Erozyon deneylerinde uzun dönem saklama solüsyonunda timol kristallerinin olması önerilmektedir (4, 111, 160-162). Yapılan deneyler sonucunda, günlerce timol içeren solüsyonda bekletilmiş dişlerin mikro veya nano sertliğinde herhangi bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir (162). Bu çalışmada, dişlerin üzerindeki doku artıkları el aletleri ve lastik yardımı ile uzaklaştırıldıktan sonra dişler %0,1'lik timol solüsyonunda bekletildi.

Diş yüzeyinin açısının ve düzgünlüğünün kontrol edilebilmesi için dişin, soğuk akrilik veya alçı gibi bir tutucuya sabitlenmesi önerilmektedir. Kullanılan sabitleyicinin, absorpsiyonunun ve polimerizasyon ısısının dişi etkileyebileceği düşüncesi ile yavaş sertleşen bir materyal olması tercih edilmelidir. Deney yapılacak yüzeyin, herhangi bir kontaminasyon olmasını engellemek amacı ile sabitlendiği tutucu materyalden daha yukarıda kalacak şekilde sabitlenmesi ayrıca tutucu materyale sabitlenen dişin hızlı bir şekilde su içerisine yerleştirilmesi gerektiği bildirilmiştir(163). Bizde çalışmamızda dişler çelik kalıplara yerleştirildi soğuk akrilik rezin bloklar içerisine diş yüzeyi yukarıda kalacak şekilde gömüldü.

Braket yapııştırılmış dişlerde demineralizasyonun değerlendirilmesinin amaçlandığı çalışmalarda incelenecek yüzey alanları diğer yüzeylerden aside dirençli vernik ile ayrılmıştır (164). Aside dirençli vernik ile komşu yüzeylerde meydana gelecek demineralizasyonun incelenecek yüzeyi etkilemesine engel olunmaktadır (165). Çalışmamızda mine yüzeyinde oluşturulan erozyon lezyonların sınırlarını ve kullanılan remineralizasyon materyallerinin uygulama alanını belirlemek amacıyla mine yüzeyinde braket genişliğinde pencereler oluşturuldu ve açıkta bırakılan bütün mine yüzeyleri aside dirençli vernik ile kaplandı.

Asitli içeceklerin mine yüzeyindeki etkilerini değerlendirmek için ağız ortamını taklit eden koşulların oluşturulması önem arz etmektedir. Fakat ağız ortamını tam anlamıyla taklit eden bir model geliştirmek oldukça zordur. Çünkü ağız ortamında tükürüğün akış hızı, elektrolit bileşimi, tamponlama kapasitesi ve protein içeriği, yanak, dudak ve dil hareketi, dişlerin ve yumuşak dokuların anatomileri gibi erozyonu etkileyen birçok parametre vardır (166, 167). Bu parametrelerin hepsinin in vitro bir çalışmada bir araya getirilmesi oldukça zordur. Erozyonun in vitro değerlendirmesi için çeşitli siklus modelleri kullanılmıştır. Magalhães ve ark (168) gazlı içecekleri iyonlarla destekledikleri çalışmalarında 1 günlük bir siklus modeli kullanmışlardır. Bir günlük olan bu siklusda örnekler 1 dakika modifiye edilmiş içeceklerde, 59 dakika yapay tükürük içerisinde bekletilmiş ve bu siklus 6 kez tekrarlanmıştır. Siklustan sonra örnekler 18 saat yapay tükürük içerisinde bekletilmiştir. Bu siklus da asidik içeceklerle erozyon, yapay tükürükle remineralizasyon sağlanarak ağız ortamı taklit edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışma mevcut çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Ancak toplamda 6 dakika süreyle asidik içeceğe maruz kalan bir mine yüzeyinde sadece başlangıç erozyonu oluşabilir. Bu çalışmanın sonuçlarında görüldüğü üzere mine kaybı çok düşüktür ($< 1 \mu\text{m}$). Bundan dolayı bizim çalışmamızda siklus süresi daha uzun olacak şekilde planlandı (2 dakika-6 defa-10 gün).

von Fraunhofer ve Rogers (169) çalışmalarında piyasadaki içeceklerden hangisinin daha eroziv olduğunu belirlemek için dişleri 14 gün boyunca asidik içeceklerde bekletmişler ve bu 14 günlük süreyi 13 yıl boyunca içeceğin tüketilmesine denk tutmuşlardır. Bu metod uzun dönemde hangi içeceğin daha şiddetli erozyon oluşturabileceğini gösterebilirken ağız ortamını taklit eden bir metod değildir. Çünkü ağız ortamında tükürüğün eroziv bir ajanın dilüe edilmesi ve ağızdan uzaklaştırılması,

asidin nötrale edilmesi ve tamponlanması, kalsiyum ve fosfat sayesinde minerin çözünme oranını düşürmesi gibi birçok koruyucu etkisi vardır (170). Bireyler asidik içecekleri devamlı olarak ağızlarında tutamazlar. Bu durumu biraz olsun elimine etmek için çalışmamızda örnekler aralıklarla eroziv solüsyonlara koyuldu ve siklus aralarında yapay tükürük içerisinde bekletildi (171, 172).

Çalışmamızda erozyon remineralizasyon siklusu içerisinde aside maruz kalınan toplam süre 120 dakikadır. von Fraunhofer ve Rogers (169)'in siklus süresi referans alınır 120 dakikalık süre, günde 700 gram içecek tüketen biri için yaklaşık 29 günlük bir süreyi temsil edebilir. Çalışmamızın sonuçları değerlendirildiğinde bu 120 dakikalık süre bile ciddi bir eroziv aşınmaya sebep olmuştur.

İn vitro ortamda tam anlamıyla ağız ortamını taklit eden bir erozyon siklusu geliştirmek zor olsa da, bizim çalışmamızda oluşturduğumuz erozyon siklus modeli bütün gruplarda aynı şekilde uygulandığı için, deney gruplarının birbirlerine göre üstünlükleri konusunda bilgi sahibi olmamızı sağladığı göz ardı edilmemelidir

Young ve Tenuta (173) yaptıkları literatür tarama çalışmasında, otörler tarafından seçilmiş, uygulanması önerilen bir erozyon modeli bulunmadığını, çalışmalarda kullanılan erozyon modellerinde farklı asit solüsyonları, uygulama süreleri, ortam ısıları ve de/remineralizasyon solüsyonları kullanıldığını bildirmişlerdir.

Vlacic ve ark. (110) 1.0 M (Molar) hidroklorik (HCl) asiti 5 dk. boyunca 1 kez uygulayarak, Sobral ve ark. (174) %2'lik sitrik asit solüsyonunu (pH 2,6) 90 dk. boyunca 1 kez uygulayarak diş sert dokularında erozyon oluştururken, de-Melo ve ark. (111) Sprite-Light eroziv ajanını 10 gün boyunca günde 1 kez, Steiner-Oliveira ve ark. (4) % 0,3'lük sitrik asit solüsyonunu (pH 2,45) 3 gün boyunca günde 3 kez kullanarak erozyon siklusu, Ganss ve ark. (175) %1 'lik sitrik asit solüsyonunu (pH 2,4) 10 gün boyunca günde 6 kez uygulamışlardır. De/remineralizasyon gerçekleştirilen in vitro çalışmalarda, ağız ortamının zaman içerisindeki değişimini en iyi taklit eden, kısa süreli asit uygulama ve tükürük akışını içeren siklus modeli kullanımı önerilmektedir (173, 176-178). Siklus; diyet alışkanlıklarını, medikal bozuklukları yansıtabilecek özellikte olmalıdır (185). Erozyon, hızlı ilerleyen bir durum olduğu için, klinik koşulları taklit etmesi amacıyla çürük çalışmalarındaki kadar uzun bir siklus gerektirmemektedir (162, 173). Bir çalışmada, bir veya daha fazla sayıda siklus

uygulanabilmektedir. Siklus, yapay ağız modellerinde olduğu gibi otomatik sistemle veya elle yapılabilmektedir (162).

Çalışmamızda Ganss ve ark.'nın (175) çalışmalarına benzer şekilde örnekler 10 gün boyunca günde 6 kez 2 dakika süren erozyon siklusuna maruz bırakıldı ve siklus elle uygulandı.

Asidin konsantrasyonu, pH'ı, sıcaklığı erozyon oluşumunu etkileyen parametrelerdir. Eroziv ajanın pH'ı, günlük yaşamda tüketilen asidik içeceklerin (coca-cola veya sprite pH 2,3-3,2) pH'ını yansıtmalıdır. Etkili erozyon derecesini sağlamak amacı ile vücut ısısı (37 °C), ortalama ağız içi ısısı (36 °C) veya oda ısısı (25 °C) kullanılabilir (162). Çalışmamızda Ganss ve ark. (175) benzer şekilde oda sıcaklığında eroziv ajan olarak pH'ı 2,4 olan % 1'lik sitrik asit kullanıldı.

Her bir erozyon siklusunda, erozyon süresi in vitro çalışmalar için 15 sn ile 40 dk, in situ çalışmalar için 40 sn ile 20 dk arasında değişmektedir (173). İn vivo koşullarda, diyet ile alınan asidik içecekler ağız ortamında en fazla birkaç dakika kalabilmektedir (162). Mine erozyonu ile ilgili çalışmalar değerlendirildiğinde günlük demineralizasyon sayısının iki ile altı arasında ve demineralizasyon süresinin ise 2- 10 dk arasında değiştiği görülmüştür (127, 179-181). Bir erozyon siklusunda, eroziv solüsyonda bekletme süresi 1 ile 5 dk arasında değişmektedir (4, 173). İn vivo koşullarla benzerlik oluşturabilmek için bu çalışmada da Ganss ve ark. (175) gibi örnekler asit solüsyonunda 2 dk süre ile bekletildi. Mine erozyonu çalışmalarında günlük remineralizasyon prosedürlerinin bir ile dört defa arasında uygulandığı, remineralizasyon sürelerinin ise 30 s ile 2 dk arasında değiştiği görülmüştür (182-184). Biz de çalışmamızda bütün remineralizasyon ajanlarımızı belli bir standardizasyon olması için günde 2 defa 2 dk boyunca mine örneklerine uyguladık.

İN vitro koşullarda, minenin üzerinde erozyona karşı koruyucu bariyer olan pelikülün oluşabilmesi için tükürükte 1 saat veya daha fazla, dentin için ise daha az süre kalması yeterli olmaktadır (162, 185). Wiegand ve Attin (186) yaptıkları literatür taramasında, yapılan birçok çalışmada örneklerin yapay tükürükte 1-60 dk arasında bekletildiğini, sadece 3 çalışmada doğal tükürük kullanıldığını bildirmişlerdir (187). Yapay tükürük yeterli miktarda hazırlanabilmesi ve standart bileşiminin olması açısından in vitro çalışmalarda avantaj sağlamaktadır. Doğal tükürük kompozisyonu;

uyarılma yöntem ve süresine, gün içindeki toplandığı zamana göre değişiklik göstermektedir. İstenilen miktardaki tükürüğün tek bir donörden toplanamaması, kompozisyonunun dış etkenlere bağlı olarak değişmesi sonucu standardizasyonu sağlamadaki güçlük ve laboratuvar koşullarında çok çabuk özelliğini yitirmesi nedeniyle tercih edilmemektedir (157, 187). Bu nedenle in vitro çalışmalarda genellikle, ağız ortamını taklit etmek için yapay tükürük kullanılmaktadır.

Yapay tükürük, doğal tükürüğün elektrolit birleşimini temel almaktadır. Kalsiyumu bağlayan, yüksek derecede doymuş olan tükürük proteinlerini içermemektedir. Doğal tükürük içerisindeki bazı proteinler (örn; statherin) kalsiyum fosfat çökmesini engelleme eğilimindedir. Bu proteinleri içermeyen yapay tükürük ise, kalsiyum fosfatın aşırı miktarda çökmesine neden olmaktadır (162). Bu nedenle; in vitro olarak sağlanan remineralizasyonun, in vivo olarak oluşan remineralizasyondan daha yüksektir (157, 162, 187). Bizim çalışmamızda ise Magalhaes ve ark. (188), Rios ve ark. (15), Wiegand ve ark. (17) kullandığı şekilde yapay tükürük her örnek için 10 ml kullanıldı ve örnekler her siklusta yapay tükürükte bekletildi. Ayrıca; Rios ve ark.(15), Wiegand ve ark.'na (17) benzer şekilde örnekler, her gün deney süresi dışında oda sıcaklığında yapay tükürükte bekletildi, sikluslar arasında yapay tükürük yenilenmedi.

Flor jeli ile erozyon tedavisi

Bugüne kadar yapılan çalışmalar incelendiğinde, erozyonun önlenmesinde "en üstün" sayılabilecek uygulama belirlenemediği gibi, en etkin materyallerden biri olan flor kullanımının güvenilirliği konusunda son yıllarda giderek artan tartışmalar gündemdeki yerini korumaktadır. Koruyucu faktörler arasında flor, en çok bilinen remineralizasyon sağlayan materyal olarak karşımıza çıkmaktadır (189). Diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan flor içerikli ürünler; sistemik olarak veya jeller, vernikler, macunlar, gargaralar gibi lokal olarak uygulanabilmektedir (190). Diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan flor içerikli ürünler; sistemik olarak veya jeller, vernikler, macunlar, gargaralar gibi lokal olarak uygulanabilmektedir (190).

Florun topikal kullanımı, sadece başlangıçtaki remineralizasyonu hızlandırmakta olup, sonraki aşamalarda süreç yavaşlamakta hatta düz bir seviyeye ulaşmaktadır ve yüksek flor konsantrasyonunda bile tam bir remineralizasyon

sağlanamamaktadır. Florun remineralizasyon yeteneği tükürük ve plak sıvısında bulunan kalsiyum ve fosfat miktarına bağlıdır. (128)

Demineralizasyonu önlemek amacıyla NaF, SnF₂, AmF, TiF₄ ve APF gibi birçok florlu preparat kullanılmıştır. Fakat APF jeli kritik pH'nın altında olması nedeniyle normalden daha yüksek submikron CaF₂ ve daha az çözülebilir Ca formu oluşturur. Böylece; CaF₂ minenin sıvı geçirgenliğini daha uzun süreli azaltır ve yüzeydeki çökelmeyi güçlendirir (9). Topikal flor uygulamalarının sonrasında mine yüzeyindeki yüksek düzeydeki flor iyonu konsantrasyonlarının mine yüzeyinden daha derinlere doğru ilerledikçe önemli bir miktarda azaldıklarını gösteren araştırmalar da bulunmaktadır. Daha düşük bir çözünürlüğe sahip olan flor, mine yüzeyleri üzerinde daha fazla birikme eğilimine sahiptir. Bu nedenden dolayı araştırmacılar tarafından florun mine yüzeyinin derinlerine daha kolay bir şekilde ulaşabilmesi amacıyla daha düşük çözünürlüğe sahip flor uygulamasını önermişlerdir (191-193).

Lee Linton (194), 50ppm flor içeren ağız gargarasının, 250ppm flor içeren ağız gargarasının remineralizasyon işleminde daha etkili olduğunu iddia etmiştir. Willmot ve ark. (195) klinik çalışmalarında düşük çözünürlüğe sahip flor içeren ağız gargaraları ve diş macunlarının, flor içermeyen diğer ürünlere göre mine yüzeyinde daha fazla bir remineralizasyona neden olmadığını bildirmişlerdir. Kullanılmakta olan Ca ve fosfat içerikli remineralizasyon solüsyonlarının, flor varlığına rağmen daha düşük çözünürlüğünden dolayı çok etkili olmadığı düşünülmektedir. Çözünmemiş formda bulunan kalsiyum fosfat uygulamalarının, klinik olarak daha zor uygulanması, yüzeyde çözünmesi ve mine dokusuna girebilmesi için aside ihtiyaç duyan bir yapıda olduğu belirtilmiştir. Tüm bunlara rağmen yüzeyde çözünebilir özellikteki kalsiyum fosfat iyonları, ortamda bulunan biofilmle yeterli derecede temas geçememekte veya diş üzerinde yeterli miktarda tutunamadığından dolayı minenin alt kısımlarına ulaşamadıkları tespit edilmiştir. Yapılan bir araştırma 1.23% asitlendirilmiş fosfat flor (APF) jelinin, diğer topikal flor uygulamalarına göre remineralizasyonu daha fazla artırdığını göstermiştir (196).

Magalhaes ve ark. (188) dentin erozyonuna karşı direnç oluşturmak için NaF verniği ve APF jeli kullanmışlar ve APF jelinin daha başarılı olduğunu bildirmişlerdir. Chersoni ve ark. (9) ve Murakami ve ark. (155) çalışmalarında bizim çalışmamızdan

farklı olarak günde 2 defa 1dk. APF jeli preparatını uygulamışlardır. Bizim çalışmamıza benzer çalışma olmadığından dolayı diğer remineralizasyon ajanlarına benzer özellik göstermesi nedeniyle günde 2 defa 2 dk. APF jeli uygulandı.

Flor +Diyod lazer ile erozyon tedavisi

Lazerin diş yüzeyinde Ca/P oranında düşme ve $Ca_3(PO_4)_2$ oranında değişme, mine üzerinde ince bir tabaka eriyerek inorganik maddenin burada çökmesi ve eriyip tekrar katılmasıyla sağlam bir yapı oluşturması nedeniyle dişleri çürümeye daha dayanıklı hale getirdiği bildirilmiştir (188). Ayrıca mine çözünmesinin başladığı 5,5 olan kritik pH'ın lazer uygulama sonrasında 4,8'e düştüğü de rapor edilmiştir (197). Fried ve ark. (198) yapmış oldukları çalışmalarında diş sert dokularında etkili şekilde kullanılabilir olan özel lazer dalga boylarının ve güç ayarlarının doğru kullanımının gerektiği ve lazer uygulandığında ortaya çıkan ısı ile diş sert dokularının asite karşı dirençlerinin artırdığı rapor edilmiştir (198).

Florun lazerle birlikte uygulandığında etkinliğinin daha da arttığı bazı çalışmalarda ispatlanmıştır (113, 154, 199). Lazerin minenin yapısına geçen floru artırma mekanizması Oho ve Morioko (200) tarafından lazer ışınının termal etkisiyle açıklanmıştır. Buna göre ışınlama sonrası oluşan termal etki yüzeyde çukurcuklar, mikro boşluklar ve pürüzlülük gibi birtakım değişiklikler meydana getirmekte ve flor retansiyonunu artırmaktadır. Gonzalaz-Rodriguez ve ark. (112) yaptıkları çalışmada CO_2 ve diyod lazerler kullanmış fakat florun mine tarafından emilim katsayısının en yüksek diyod lazerlerle kombine edildiğinde ortaya çıktığını belirtmişlerdir. Biz de çalışmamızda minenin erozyona karşı direncini artıracığını düşündüğümüz için floru diyod lazer ile kombine olarak kullanmayı tercih ettik.

Geçmiş yıllarda mine erozyonunu ve başlangıç lezyonlarını yüksek konsantrasyonlarda flor ile tedavi etmek en etkili yöntem gibi görünse de bu işlemle birlikte lezyonun üst tabakasında hızlı bir kalsifikasyon tarzı iyileşme olmakta ve alt tabakaların iyileşmemesi söz konusu olabilmektedir (201). Ayrıca florun yüksek dozda alımı sonucu sistemik toksisite görülebilmekte ve özellikle küçük çocuklarda dental florozis riski oluşturabilmektedir. Florun yararlarının yanı sıra dezavantajları da göz önünde bulundurularak en az flor kadar etkili ve daha güvenli farklı remineralizasyon ajanları geliştirmeye yönelik çalışmalar hız kazanmıştır (202).

Villalba-Monero ve ark. (113) yaptığı çalışmada 5W, 7W ve 10W gücünde diyod lazer uygulanan diş yüzeylerinde fissür ve çatlak gibi istenmeyen yan etkileri SEM’de incelemiştir. Buna göre; 5W gücünde diyod lazer uygulanan diş yüzeyinin SEM görüntüleri incelendiğinde yüzeyde herhangi bir değişiklik oluşmadığı, 7W gücünde diyod lazer uygulanan diş yüzeyinde pürüzlülük oluştuğu ve 10W gücünde diyod lazer uygulanan diş yüzeyinde ise fissür ve çatlakların oluştuğu gözlenmiştir. Bu araştırmacılar, 5W ve 7W güçlerinin diyod lazer için güvenli olduğu ancak bu sonuçların ileri araştırmalar ile desteklenmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

de-Melo ve ark. (111) yaptıkları çalışmada erozyonu önlemek amacıyla kullanılan diyod lazerin farklı enerji miktarlarının (15 J/cm², 30 J/cm², 60 J/cm²) etkisini karşılaştırdıkları çalışmalarında, asit karşısında en düşük aşınma miktarının 60 J/cm² enerji uygulanan diş yüzeylerinde ortaya çıktığını rapor etmişlerdir. Bu verileri göz önüne alarak ve çalışmamıza benzer çalışma olmaması nedeniyle bizde diyod lazeri, günde 2 defa 2 dk. APF jeli uyguladığımız mine yüzeyine atım süresi 1ms-1s, tekrarlama oranı 0.5 Hz-0.5 kHz olan diyod lazeri 4 W gücünde ve 60 J/cm² enerji seviyesinde 15 saniye olacak şekilde kullandık.

MI Paste Plus ile erozyon tedavisi

Flor materyaline alternatif olarak kullanılmış olan CPP-ACP’nin yapısındaki kazein fosfopeptid sütte koruyucu faktör olarak bulunmaktadır. CPP, seçici bir özellik göstererek çökelme yöntemini kullanmak suretiyle kazeinin tripsin enzimi kullanarak parçalanması sonucu elde edilmekte olduğu, kalsiyum fosfatı CPP-ACP kompleksi halinde stabilize edebildiği bildirilmiştir (203, 204). İnsan, laboratuvar ve hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda CPP-ACP’nin antikaryojenik etkilere sahip olduğu kanıtlanmıştır (205).

CPP’ler fosfoseril uzantılarıyla ACP’yi küçük kümeler şeklinde bünyesine bağlayarak solüsyon içerisine çökelmelerini engellemektedir. Böylece; kalsiyum fosfat açısından doygun, bazik nanokompleksler oluşmaktadır. Diş yüzeyine ve dental plağa bağlanabilen CPP-ACP, kalsiyum ve fosfat deposu olarak işlev görür (118).

Somasundaram ve ark. (206), yaptıkları çalışmada CPP-ACP’nin mine remineralizasyonu üzerindeki etkinliklerini araştırmışlar; CPP-ACP ile muamele

edilen mine yüzeyinde, florlu diş macunu ve kontrol grubuna kıyasla lezyon derinliğinin azaldığını rapor etmişlerdir.

Kumar ve ark. (207), yaptıkları çalışmada %10'luk CPP-ACP içeren Tooth MousseTM ve 1100 ppm flor içerikli diş macununun dişlerde remineralizasyon etkinliklerini değerlendirmişlerdir. 96 saat boyunca mine örnekleri demineralizasyon solüsyonunda bekletilmiş, ardından 10 gün süren pH siklusu uygulanmıştır. Siklus sonrasında örneklerin remineralizasyon dereceleri polarize ışık mikroskobu, lezyon derinliği ve mikroradyografi aracılığıyla incelenmiştir. CPP-ACP patı (Tooth MousseTM) lezyon derinliğinde %10, 1100 ppm içeren florlu diş macunu ise %7 oranında azalma sağlamıştır. CPP-ACP'nin özellikle florlu diş macunundan sonra kullanımının remineralizasyon derecesini anlamlı şekilde arttırdığı rapor edilmiştir (%13,1).

Vashisht ve ark (208), %10'luk CPP-ACP (Tooth MousseTM)'nin remineralizasyon etkinliğini değerlendirdikleri ex-vivo çalışmalarında 10 deneğin ortodontik tedavi sırasında çekim endikasyonu koyulmuş premolar dişlerinde ağız içinde başlangıç mine lezyonu oluşturmuşlardır. Sonrasında CPP-ACP grubundaki dişlere özel pencere bant takarak 14 gün boyunca günde 3 kez ajan uygulamışlar, kontrol grubuna ise herhangi bir ajan uygulamamışlardır. Tedavi bitiminde dişler çekilerek SEM görüntüleriyle incelenmiş ve CPP-ACP'nin başlangıç mine lezyonlarında anlamlı bir remineralizasyon sağlayabildiği görülmüştür.

Srinivasan ve ark.(209) 'nin 900 ppm flor ilaveli CPP-ACP (MI Paste Plus)'nin mine erozyonuna etkilerini inceledikleri çalışmalarında, örnekler erozyonu takiben remineralizasyon sonrası mikrosertlik testiyle değerlendirilmiştir. CPP-ACP grubunda %46,24, CPP-ACPF grubunda ise %64,25 mikrosertlik artışı kaydedilmiştir. Sonuç olarak CPP-ACP'nin florla kombine kullanımı remineralizasyonu olumlu yönde etkilemektedir.

Patil ve ark. (210), yaptıkları in vitro çalışmada CPP-ACP, CPP-ACPF ve TCP-F gibi ajanların remineralizasyon kabiliyetlerini karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Sonucunda her bir grubun remineralizasyon etkinliğinin istatistiksel olarak anlamlı olmasının yanı sıra CPP-ACP'nin florla kombinasyonunun CPP-ACP'den daha başarılı olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızda bir diğer remineralizasyon ajanı olarak da günde 2 kez 2 dakika olacak şekilde 900 ppm flor ilaveli CPP-ACP (MI Paste PlusTM) tercih edildi.

Biorepair (Nanohidroksiapatit içeren diş macunu) ile erozyon tedavisi

Son yıllarda yapılmış olan çalışmalarda diş macunları ve ağız gargaralarının içeriklerine eklenen nano-hidroksiapatitin remineralizasyon etkisinin olduğu bildirilmiştir (211, 212).

Biyomimetrik (biyotaklit), insanların doğada varolan sistemi çok iyi taklit ederek yaptıkları maddelerin veya elde edilen sistemlerin bütününe ifade etmekte olan bir terimdir. Doğada bulunan mevcut tasarımlar az miktarda malzeme ve en az enerji ile daha fazla verim alınabilen, kendi kendilerini yenileme ve onarma özellikleri bulunan, doğaya zararı bulunmayan, dayanıklı ve daha uzun ömürlü olmaları açısından teknolojik araştırmalara örnek oluşturmaktadır (213, 214). Yapılan araştırmalarda sentetik olarak üretilen nano-hidroksiapatit kristallerinin, yapılan testler sonucunda mine yüzeyi ve dentin yapılarına çok yakın benzer özellikler gösterdiği belirtilmiştir (213).

Najibfard ve ark. (129), yaptıkları çalışmalarında nano-hidroksiapatit içeren materyallerin, mine yüzeyindeki remineralizasyona etkisinin flor içermekte olan diş macunları ile benzer etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Roveri ve ark.(215) mine yüzeyinin remineralizasyonu için yeni bir yöntem önermişlerdir. Bu amaçla, yüzeye morfolojik olarak dentin apatit kristallerini taklit eden ve doğal apatit kristallerine kimyasal ve fiziksel açıdan benzeyen karbonat-hidroksiapatit nanokristalleri kullanmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına bakıldığında, diş minesinin maruz kaldığı mekanik aşınma ve asit ataklarını flor uygulanan gruba göre karbonat-hidroksiapatit kullanılan grubun remineralizasyon etkisi, yeni bir apatit mineralinin aşınmış mine yüzey çiziklerinin içine birikmiş ve asit ataklarını kontrol ederek yüzey çizgilerini kademeli olarak dolduran ve gölgeleyen yeni bir biyomimetik mineral kaplama özelliğini gösterdiğini bildirmişlerdir.

Bazı çalışmalarda erken çürük lezyonlarının onarımında nano hidroksiapatit uygulaması büyük ilgi görmüştür. Nano-hidroksiapatitin sıgır minesini üzerindeki remineralizasyon etkisi, yüzey ve kesitsel mikro sertlik (CSMH) testleri ve polarize ışık mikroskobu (PLM) ile pH döngüsü koşulları altında incelenmiştir. CSMH testlerinden elde edilen yüzey mikro sertliği geri kazanımı ve entegre mineral kaybı yüzdesi, nano-hidroksiapatit kristallerinin mikro-hidroksiapatitlerden daha iyi remineralizasyon sağladığını göstermiştir. Bununla birlikte, CSMH testleri ve PLM

kullanılarak yapılan detaylı araştırmalar, nano-hidroksiapatitlerin, çoğunlukla lezyonun dış tabakasında mineral birikmesine yardımcı olduğunu ve sadece lezyon derinliğini azaltmak için sınırlı bir kapasiteye sahip olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, nano-hidroksiapatitlerin remineralizasyon etkisi, pH 7.0'dan daha az olduğunda önemli ölçüde artmıştır. Ayrıca nano-hidroksiapatitlerin partikül ve iyon aracılı remineralizasyon etkilerinin demineralize mine yüzeyinin onarılmasına katkıda bulunabileceğini belirtilmiştir (216, 217).

Yamagishi ve ark.(218) nano hidroksiapatit içeren diş macunu uygulanan demineralize mine yüzeyinin remineralizasyona neden olduğunu ileri sürmüşlerdir. Nano-hidroksiapatit diş macununun uygulanması sonrası Transmisyon elektron mikroskobu (TEM) kullanılarak mine yüzeyini kontrol etmişler, mine yüzeyinde oluşan yeni tabaka ile mine yüzeyi arasında boşluk oluşmadığını gözlemlemişlerdir. Mine yüzeyinde oluşan yeni tabakanın, diş yüzeyine tam olarak uyum sağlayan nano kristallerden meydana geldiğini bildirmişlerdir (218).

Colombo ve ark.(219), mine erozyonuna neden olan asitli içeceğin aşındırıcı etkisinden sonra mine yüzeylerinin morfolojik analizi ve ardından nano hidroksiapatit içeren diş macunu ile muamelesi sonucu net bir koruyucu etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu, normal bir florlu diş macunu için gözlenen etkiden daha büyük olmuş ve nano hidroksiapatit teknolojisinin mineyi eroziv asit ataklarından koruduğunu doğrulamıştır. Bu nedenle, nano hidroksiapatit ve flor içeren diş macunlarının, erozyona uğramış mine yüzeylerine karşı etkisini karşılaştırmışlar ve nano hidroksiapatitin eroziv mine yüzeyini tedaviden sonra önemli ölçüde daha fazla koruduğu sonucuna varmışlardır (219). Bizde çalışmamızda güncel olarak kullanılmaya başlanan bir diğer erozyon önleyici ajan olarak günde 2 kez 2 dakika olacak şekilde nanohidroksiapatit içeren diş macunu (biorepair) kullandık.

Asit ve Asitleme Süresi Seçimi

Proffit (220) braket yapıştırmadan önce, mine yüzeyini temizledikten sonra kurutup, %35 ile %50 fosforik asit ile 20 - 30 sn pürüzlendirilmesi gerektiğini önermektedir. Asitleme sonrası mine prizmaları arasında oluşan açılmaların yeterli tutuculuk sağladığı ve uzun asitleme süresinin etkili olmadığını belirtmektedir.

Botushanov'a (221) göre 60 saniyeden fazla uygulanan asitleme, çözülemeyen çökeltilere neden olup, mine adhezyonunu olumsuz etkilemektedir.

Minenin yüzeyini pürüzlendirmek için likit halindeki fosforik asit solüsyonları uygulandığında istenmeyen mine alanlarına akmasından dolayı kontrol edilmesi zordur. Bunu önlemek için geliştirilen viskozitesi yüksek jel kıvamında asitler, daha kontrollü kullanım sağlamaktadır (222). Jel şeklindeki asit ajanı Proffit (220) tarafından da önerilmektedir.

Bizim çalışmamızda, çoğu araştırmacıların (223-227) kullandığı gibi fosforik asit tercih edildi. Üretici firmanın önerileri doğrultusunda ve bu konuda yapılan araştırmaların sonuçları göz önünde bulundurularak, jel şeklinde olan %37'lik fosforik asit, erozyon ve tedavi siklusundan sonra mine yüzeyi distile su ile yıkanıp kurulandı, 20 sn süresince uygulandı.

Transbond XT Seçimi

Farklı kompozit sistemleri viskozite ve ıslanabilirlik özellikleri açısından geniş bir aralık göstermektedir. Braket tutuculuğu yapıştırıcının tipinden etkilenmektedir. Yapılan literatür taramasında ve pratikte yaygın kullanılan yapıştırıcı olarak çalışmamızda Transbond XT kullanılmasına karar verdik. Birçok araştırmacı makaslama ve çekme testleri ile braket tutuculuğunu inceledikleri çalışmalarında bizim çalışmamızdaki gibi Transbond XT kullanmışlardır (228-233).

Braket Seçimi

Metal braketler pratikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Mekanik özellikleri, sürtünme oranı porselen ve plastik olan braketlere göre daha düşük olması, dokulara uyum sağlamaları, ortodontik kuvvetlere karşı dayanıklı ve ucuz olmalarından dolayı tercih edilmektedir (220, 234-236).

Braketlerin tutuculuğu braket kaidesinde olan girinti ve çıkıntıları ile fiziksel olarak sağlanmaktadır. Bazı porselen braketlerde tutuculuk, kaidelerinin silikonla kaplanmasından dolayı kimyasal yol ile sağlanmaktadır. Kimyasal tutuculuk söküm sırasında mine çatlakları oluşmasına ve mine kopmalarına neden olabilmektedir. Bu yüzden porselen braketlerin kullanımı çok dikkatli çalışma gerektirmektedir (220, 234, 235). Araştırmamızda yaygın kullanımı olan metal braketlerden Mini Master 0.018 slot, American Orthodontics, USA braketleri kullanıldı.

Işık kaynağı seçimi

Işık kaynağı olarak önceki yıllarda yapılan birçok çalışmada halojen cihazları kullanılmıştır (237, 238). Fakat LED cihazlarının kullanımının artması sebebiyle, son yıllarda yapılan in vitro çalışmalarda daha çok tercih edilmesine sebep olmuştur (239). Dunn ve ark.(240), 20 ve 40 saniyelik uygulamanın klinik olarak yeterli polimerizasyon sağladığını, fakat 10 saniyelik uygulamanın yeterli polimerizasyon sağlamadığını bildirmişlerdir. Swanson ve ark.(241) LED cihazları ile 10 sn ışınlamanın klinik olarak yeterli bağlanma dayanımını sağladığını bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da LED cihazı tercih edilmiş, 10 sn meziyalden, 10 sn distalden olmak üzere, toplam 20 sn LED ışığı ile polimerizasyon yöntemini kullanmayı tercih ettik.

Termal Siklus

Ağız ortamında kullanılan farklı diş hekimliği materyalleri çeşitli kimyasal, mekanik ve termal streslere maruz kalmaktadırlar. Diş hekimliğinde kullanılan materyallerin klinik kullanımına ait uygunluklarının test edilmesi amacıyla laboratuvar ortamında en sık kullanılmakta olan yöntemler suda bekletmek ve termal siklus işlemidir.

Metal, porselen, seramik, kompozit ve safir gibi materyallerin farklı boyutlarda ısıl genişleme katsayılarına sahip olmaları ve yapay yaşlanma sağlayabilmek amacıyla ortodontik braketlerin bağlanma dayanım kuvvetlerini test ederken termal siklus kullanma gerekliliği birçok çalışmada bildirilmiştir (163, 242, 243). Diş örneklerine termal siklus uygulanması braket yapıştırıcı rezin ile braket ara yüzeyindeki ortama suyun hızla yayılmasını sağlarlar. 5°C ile 55°C arasında yapılan termal siklus işlemi materyallerin yaşlanmasını hızlandırmak ve ıslak ortama dayanıklı olabilen ve olmayan diş hekimliği malzemelerinin ayırt etmek için kullanılmaktadır. (243).

Yapılan araştırmalarda çeşitli termal siklus uygulama dereceleri ve süreleri kullanılmasına rağmen bu konuda tam olarak fikir birliği bulunmasa da termal siklus işleminin yapılması ortodontik braketlerin bağlanma dayanım kuvvetlerini belirgin bir şekilde negatif olarak etkilemektedir (242, 244-246). Örneklerin bağlanma dayanım kuvvet değerleri termal siklus işlemine maruz kalan çalışmalar ile termal siklus kullanılmayan çalışmalardaki bağlanma dayanım değerleri (229, 247-250) kıyaslandığında daha düşük bulunmuştur. Bazı araştırmacılar termal siklus için 1000–

2000 siklus (242, 243, 251) veya çok daha fazla kullanmasına rağmen ISO bağlanma dayanımı kuvvet testleri standartlarına göre bizim çalışmamızda da uygulandığı gibi 500 siklus uygun kabul edilmektedir (163).

Bağlanma dayanımı testi ve bulgularının tartışılması

Ortodontik braketlerin bağlanma dayanımını test eden laboratuvar çalışmalarında ortodontik braketler mine yüzeyine yapıştırıldıktan ve ağız ortamını ve yapay yaşlanmayı taklit etmek amacıyla termal siklus işlemi uygulandıktan sonra farklı tipte bağlanma dayanımı test yöntemleri uygulanmaktadır. Yapılmış çalışmalar incelendiğinde, adezivlerin bağlanma dayanımlarını test etmek için genellikle makaslama, çekme ya da bükme türü in vitro testler uygulanmıştır (252, 253). İn vitro çalışmaların in vivo durumu taklit edebilmesi ve deney düzeneğinin kolay uygulama sağlaması açısından makaslama testi yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar makaslama tipi testlerin hastaların uyguladıkları, braketi koparan kuvvetlere benzer kuvvetleri daha iyi taklit ettiğini göstermiştir (252). Ortodontik braketlerin mine yüzeyinden ayırmak için kullanılan makaslama testleri sık kullanılmasına rağmen yüzeye kuvvet dağılımının tam olarak eşit olmaması nedenleriyle uygulanması oldukça hassas bir tekniktir. (254, 255). Aynı zamanda, makaslama testi uygulanırken uygulanacak kuvvetin yönündeki oluşabilecek değişimler de bağlanma dayanımı kuvvet değerlerini etkilediği belirtilmektedir (256).

Çalışmamızda, bıçağın braketin tabanına paralel olmasına dikkat edildi. Klocke ve Kahl-Nieke (231), çalışmalarında açılı değişikliğinin bağlanma dayanımını etkilediğini, açılı arttıkça bağlanma dayanımının düştüğünü bildirmişlerdir. Hasta ağızında braketler çok farklı kuvvetlere maruz kalarak kopsa da bıçağın hızı arttıkça deneylerin güvenilirliği düşmektedir. Çalışmalarda kullanılan bıçağın hızı farklılık göstermektedir. 1 mm/dk kullananlar (228) 2 mm/dk kullananlar (232) ve bizim çalışmamıza benzer şekilde 0,5 mm/dk kullananlar mevcuttur. Kao ve ark. (257) ve Eliades ve ark.(258) 0,5 mm/dk'lık hızın kullanımını tavsiye etmişlerdir. Çalışmamızda bıçağın hızı 0,5 mm/dk olarak sabitlendi.

Ortodontik tedavide braketin kopmaması ve çiğneme kuvvetlerine dayanabilmesi oldukça önemlidir. 1975 yılında Reynolds' ın yapmış olduğu çalışma ile bu değer minimum 5.9-7.8 Mpa olması gerektiği belirtilmiştir (259).

Flor ile ilgili bağlanma dayanımı bulguların tartışılması

Florun bağlanma dayanımı üzerindeki önemi birçok çalışmada sorgulanmıştır. Çünkü braketleri yapıştırmadan önce dişleri temizlemek için hastaların çoğu flor içeren macun kullanmaktadırlar. Temiz olan diş mine yüzeyi, daha yüksek bir yüzey enerjisine sahiptir ve bu durum ortodontik braketlerin bağlanma kalitesini arttırmaktadır (260). Ancak yüzeydeki flor yapıştırılan yüzey enerjisini düşürebilir ve yapışkanın yayılma kabiliyetini azaltabilir. Powers ve ark.(253) yaptıkları çalışmada, flor içeren diş macunu kullanıldığında bağlanma mukavemetinin etkilenmediğini tespit etmişlerdir. Dişlerdeki florun yüzey enerjisini klinik olarak arttırmadığı düşünülebilir, ancak florun diş minesindeki fizyolojik etkisi göz önünde bulundurulmalıdır.

Flor, hidroksiapatitten önemli ölçüde daha az çözünen diş minesinde floroapatit oluşumunu teşvik eder. Daha yüksek bir flor konsantrasyonuna sahip dişler genellikle asitle aşınmaya karşı daha dirençli olarak kabul edilir ve daha uzun bir aşındırma süresi gerektirebilir. Opinya ve ark.(261) hafif ve orta dereceli florozisli dişlere uygulanan ortodontik braketlerdeki bağlanma kuvvetlerinin, normal dişlere göre % 40'lık bir azalma olduğunu göstermiştir. Florozis dışında, dişlere flor uygulandığında bağlanma dayanımı kuvvetinde bir farklılık gözlenmemiştir.

Hirce ve ark. (262), % 2'lik sodyum florid içeren % 50 fosforik asitle 4 dakika boyunca muamele edilen diş minesinin 1 dakika boyunca tek başına % 50 fosforik asit uygulanmış mine yüzeylerine kıyasla bağlanma kuvvetini önemli ölçüde zayıflattığını bulmuşlardır. Uygulama süresindeki fark, florun bağlanma üzerindeki etkisi ile ilgili sonuçları sınırlayan bir değişkendir. Kullanılan flor konsantrasyonlarında varyasyon, bağlayıcı ajanların özelliklerinde iyileşme ve / veya braket tutma mekanizması gibi diğer faktörler de sonuçları etkileyebilir.

Hicks ve ark.(263)'nın çalışmalarında, %0,5 sodyum florid içeren % 60 fosforik asit uygulanan mine yüzeyinde, % 38 fosforik asitle muamele edilmiş mine ile karşılaştırıldığında daha fazla bağlanma dayanımı sağladığını tespit etmişlerdir. APF ile ön tedavi edilen dişler ile APF ön tedavisi yapılmayan dişler arasındaki bağlanma mukavemetinde bir fark bulunamamıştır. Bizde çalışmamızda sadece erozyona uğrattığımız pozitif kontrol grubuna göre (6.56 ± 0.74 Mpa), flor uyguladığımız erozyonlu mine yüzeyindeki bağlanma kuvvetini (7.95 ± 1.59 Mpa) daha yüksek bulduk.

Kimura ve ark.(264), geleneksel veya self-etching primer sistemlerini kullanarak, ortodontik braketlerin, flor vernikli veya florlu olmayan tedavi ajanları ile mineye bağlanma kuvveti arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Sonuçlar, flor vernik uygulamasının her iki grupta da mine yüzeyine ortodontik braketlerin bağlanma gücünü etkilemediğini göstermiştir.

Damon ve ark.(265) otuz altı küçük azı dişinde yaptıkları çalışmada sadece pomza uygulanmış grubun en yüksek bağlanma kuvvetini (11.8 Mpa) gösterdiği, bunu 2500 ppm flor grubu (10.6 Mpa), ardından 13,500 ppm flor uygulanmış grup (9.5 Mpa). olarak bulmuşlardır. Flor konsantrasyonu arttıkça bağlanma kuvvetindeki azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bizim çalışmamızda dişler öncelikle erozyona uğratılıp sonrasında flor uygulandığından dolayı bağlanma dayanımı kuvveti daha düşük bulundu. Tedavi edici ajanlar arasında en düşük bağlanma değeri olan $7,95 \pm 1,59$ Mpa bulunmuş olmasına rağmen bu değer Reynolds'ın klinik başarı için belirlediği en alt bağlanma dayanımı değerlerinin (5.9-7.8 Mpa) üzerindedir.

Flor +Diyod Lazer ile ilgili bağlanma dayanımı bulgularının tartışılması

Literatürdeki çalışmalar Flor + Diyod lazer uygulamalarının daha çok erozyon yüzeyindeki mikrosertlik veya Ca ve Ca/P oranlarındaki azalma düzeyinin ölçülmesi şeklinde yoğunlaşmıştır. Santaella ve ark. (266) yaptıkları çalışmada başlangıç demineralizasyonunu önlemek amacıyla önce flor verniği ve diyod lazer ile diş yüzeylerini tedavi etmişler, daha sonra asit solüsyonunda 6 saat örnekleri bekletmişler ve bu tedavilerin başarısını polarize ışık mikroskobu ile değerlendirmişlerdir. Buna göre; kontrol grubunun hepsinde, lazer grubunun %75'inde lezyon görülürken, flor ve flor ile birlikte diyod lazer kullanılan grupların hiçbirinde lezyon görülemediği. Bu çalışmada sadece polarize ışık mikroskobunda lezyon varlığına bağlı değerlendirme yapılmıştır.

Tepper ve ark. (199) AmF, CO₂ lazer ve ikisinin birlikte kullanıldığı tedavi gruplarını, mine yüzeyine alınan flor miktarı bakımından karşılaştırmışlar ve yüzeydeki en fazla flor miktarının AmF sonrası lazer uygulanan grupta bulunduğunu bildirmişlerdir. Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır.

Villalba-Monero ve ark. (113) diyod lazer ve NaF verniğini kombine olarak kullandıkları çalışmalarında mine yüzeyine alınan flor miktarının geleneksel florlamadan önemli ölçüde yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Benzer bulgular birçok yazar tarafından Argon ve Nd: YAG lazerler ile florun kombine kullanıldığı çalışmalarda da rapor edilmiştir (267, 268).

Bizim çalışmamızda olduğu gibi erozyonlu yüzeye Flor+Diyod lazer uygulaması sonrası ortodontik braketlerin bağlanma dayanımını inceleyen bir araştırma bulunamamış ve kullandığımız diğer ajanlarla kıyaslamalı herhangi bir referans yayında bulunmadığı için bu çalışma ilk olma özelliği göstermektedir. Çalışmamızdaki sonuçlar, Flor+Diyod lazer uygulamasındaki bağlanma dayanımı değerinin (9.49 ± 1.00 Mpa), tek başına flor jeli uygulamasından (7.95 ± 1.59 Mpa) anlamlı düzeyde daha fazla bağlanma dayanımı değerini etkilediğini ancak diğer tedavi ajanı uygulanan iki gruba (MI Paste Plus, Biorepair) göre bağlanma dayanımının daha düşük olduğu görülmektedir. (Tablo: 4.1)

MI Paste Plus ile ilgili bağlanma dayanımı bulgularının tartışılması

Flor uygulamasının braketlerin bağlanma dayanımı üzerine etkisini değerlendiren çalışmalar literatürde fazla sayıda olmasına rağmen, CPP-ACP'nin ortodontik braketlerin bağlanma dayanımı üzerindeki etkilerini bildiren veriler çok kısıtlı sayıdadır (269). Dişhekimliği temel olarak flor uygulamaları ve florlu dental restoratif materyallere dahil edilmesi gibi protokollere odaklanmıştır. Ancak, başka bir mekanizma da remineralizasyon dinamiklerini destekleyebilir: CPP'lerin ACP'yi stabilize ettiği, diş plağında ACP'yi lokalize ettiği, hayvan ve in situ insan diş çürüğü modellerinde anti-karyojenik olduğu gösterilmiştir (270-274).

Dişlerin ortodontik tedaviden önce profilaktik bir ajan olarak CPP-ACP uygulanan hasta sayısının gittikçe artmış olması, CPP-ACP'nin ortodontik braketlerin bağlanma kuvveti üzerindeki etkilerine dair çalışmaların artmasına neden olmuştur. Piyasada bulunan ilk ACP içerikli ortodontik kompozit yapıştırıcı 2002 yılında Gıda ve İlaç İdaresi onayını almış ve Dunn (275) tarafından yapılan bir çalışmanın sonuçları yayınlanmıştır. Çalışmada geleneksel reçine bazlı ortodontik yapıştırıcı ile ACP içeren ortodontik yapıştırıcı kullanılarak mine yüzeyine bağlanmış ortodontik braketlerin bağlanma dayanımları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda ortodontik braketlerin

ACP içeren yapıştırıcı ile dişlere bağlanma dayanımı, konvansiyonel reçine bazlı ortodontik yapıştırıcının bağlanma dayanımı kuvvetinden önemli ölçüde daha zayıf bulunmuştur.

Keçik ve ark.(269) 'nın çalışmalarında mine yüzeyleri % 1.23 APF, CPP-ACP veya bunların kombinasyonu ile muamele edildiğinde, bağlanma dayanımının olumlu yönde etkilendiği gösterilmiştir. Çalışmada elde edilen tüm bağlanma dayanımı değerleri Reynolds'ın değer aralığının çok üzerinde bulunmuş, CPP-ACP'nin braketlerin kesme bağlanma kuvveti üzerindeki etkisi hakkında ön veriler sunmaktadır. Bununla birlikte, sonuçları yorumlarken in vitro testlerin sınırlamalarının dikkate alınması gerekliliğini bildirmişlerdir.

Ding Xiaojun ve ark. (276) yaptıkları çalışmada, CPP-ACP'nin ortodontik braketlerin bağlanma dayanımı üzerindeki etkilerini incelemişler, değerlerin 9 ila 42 MPa arasında değişmekte olduğunu tespit etmişlerdir. Yine bu değerler Reynolds ve ark.(259) tarafından önerilen 5.9 ila 7.8 Mpa'dan daha yüksek bulunmuş, ortodontik amaçlar için yeterli olup CPP-ACP kullanımının, ortodontik braket bağlanma dayanım kuvvetini arttırdığı için alternatif bir profilaktik uygulama olarak kullanılabileceğini düşünmüşlerdir.

Kawari ve ark. (277) yaptıkları çalışmada asitle aşındırma işleminden sonra mine yüzeyine CPP-ACP+F(MI Paste Plus) uygulamışlar, asitle aşınmadan önceki kontrol grubu ve uygulama sonrası sonuçlar ile karşılaştırıldığında bağlanma dayanımını önemli ölçüde arttırdığını tespit etmişlerdir.

Tabrizi ve ark. (278) yaptıkları çalışmada mineye sadece flor, sadece CPP-ACP ve CPP-ACP ile beraber flor (MI Paste Plus) uygulamasıyla yapıştırılmış ortodontik braketlerin bağlanma dayanımı direncini incelemişlerdir. Kopma değerleri kontrol grubu, flor uygulanan grup, CPP-ACP uygulanan grup ve CPP-ACP+ flor (MI Paste Plus) uygulanan grup için sırasıyla 21.02 ± 5.24 Mpa, 14.02 ± 4.64 Mpa, 22.57 ± 4.32 Mpa ve 21.69 ± 3.57 Mpa olarak bulunmuştur. Kopma kuvvetlerinin, kontrol grubu, CPP-ACP uygulanan grup ve MI Paste Plus uygulanan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermediğini ancak flor uygulanan grupta kopma kuvvetlerinin anlamlı olarak azaldığını en etkili grubunda MI Paste Plus grubu

olduğunu bulmuşlardır. Bizde çalışmamızda erozyon sonrası uyguladığımız remineralizasyon ajanlardan bir diğeri güncel ürünlerden MI Paste Plus tercih ettik. Çalışmamızdaki MI Paste Plus grubunun bağlanma dayanımını önemli ölçüde arttırdığını (10.85 ± 1.10 Mpa) ancak yine de negatif kontrol grubu (14.32 ± 1.66 Mpa) olan sağlam mine kadar bağlanma dayanımını arttırmadığını tespit ettik.

Biorepair ile ilgili bağlanma dayanımı bulguların tartışılması

Nano-hidroksiapatit kristalleri, mine yüzeyine penetre olabilen ve daha kuvvetli kristalleri reforme eden, serbestçe mevcut iyonları dağıtarak diş yüzeyi üzerinde etki gösteren son yıllardaki en popüler remineralizasyon ajanlarından birisidir. Sentetik apatit veya hidroksiapatit minenin remineralizasyonunda yararlı olduğu kanıtlanmıştır. HA kristalleri, bileşimleri, yapısı, morfolojisi, kütle ve yüzey fiziksel-kimyasal özellikleri nedeniyle yüksek seviyelerde biyomimetik özellikler sergiler (279).

Akhavan ve ark. (280) klinik olarak kabul edilebilir bir ortodontik braket yapıştırıcısının ek anti-mikrobiyal ve remineralize edici özelliklerle geliştirilmesi, ancak bunların mekanik özellikleri de göz önünde bulundurulduğunda gerçekleştirilebilir tezini savunmuşlardır. Çalışma hipotezlerini gümüş ve hidroksiapatit nanopartiküllerinin bir ortodontik yapıştırıcıya eklenmesinin ortodontik braket bağlanma dayanımını artırıp arttırmadığını araştırmışlardır. Gümüş ve HA nanopartikülleri %1, %5 ve %10 gümüş konsantrasyonlarında Transbond XT'nin primerine eklenmiştir. Her bir bileşik (bir kontrol grubu ile birlikte), 12 insan küçük ağız dişine (toplam 48 adet) ortodontik braketlerin bağlanmasında kullanılmış ve tüm örneklerin bağlanma dayanım değerleri incelenmiştir. Bağlanma dayanım testi sonuçları incelendiğinde %1, %5 ve %10 nanopartikül grupları sırasıyla 12.06 ± 5.48 Mpa, 20.66 ± 5.72 Mpa, 10.77 ± 8.16 Mpa olarak bulunmuştur. Tüm çalışma grupları arasında anlamlı bir fark olduğu anlaşılmıştır. Çalışmalarında %5 ve %1 gümüş ihtiva eden gümüş / HA nanopartiküllerin katılması, sırasıyla ortodontik yapıştırıcıların bağlanma dayanımını arttırmakta ancak %10 gümüş/HA nanopartiküllerin katılması ile oluşturulan grup ile kontrol grubu karşılaştırıldığında bağlanma dayanım değerlerinde düşme olduğu ve istenmeyen bir etkinin görüldüğü sonucuna varmışlardır.

Cossellu ve ark.(279) altı farklı profilaktik ajanın ortodontik braketlerin bağlanma kuvveti üzerindeki etkisini değerlendirdikleri çalışmada yaygın olarak

kullanılan profilaktik teknikler (Flor, CPP-ACP, ozon) ile yeni bir materyal olan nanohidroksiapatit içeren diş macunu (BioRepair®) ile ortodontik braketlerin bağlanma dayanımlarını karşılaştırmışlardır. Bu in vitro çalışmanın kısıtlılığı göz önüne alındığında sonuçlar, asitle aşındırma ve yapıştırma işleminden önce flor verniği kullanıldığında braketlerin bağlanma dayanımını negatif olarak etkilendiğini, ancak BioRepair®, ozon ve CPP-ACP ile tedavi edilen dişlerde farklılıkların görülmediğini göstermiştir. Bağlanma dayanımı değerleri 1 ila 26 Mpa arasında değişmiş: sadece flor ajanı ile tedavi edilen grup, 6 Mpa'dan daha düşük değerde çıkmıştır. Ancak bu değerde ortodontik braketlerin mine yüzeyine bağlanması için yeterli olan minimal değerdir.

Bizim çalışmamızda da kullanılan bir diğer remineralizasyon ajanı ticari bir diş macunu olan: BioRepair® (Coswell S.p.A., Bologna, İtalya): hidroksiapatit nanokristallerden yapılmış flor içermeyen bir diş macunudur. Çalışmamızda en yüksek bağlanma dayanımı değeri Biorepair grubuna ait olup (11.67 ± 1.56 Mpa) bu değer MI Paste Plus grubu ile istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmasada diğer bütün tedavi gruplarından anlamlı derecede yüksek bulundu.

Sem bulgularının tartışılması

Dental erozyonun in vitro değerlendirmesinde birçok teknik kullanılmaktadır. Mikrosertlik (micro-indentation) ve nano-indentation testleri, mikroradyograf, kimyasal analiz, profilometre, polarize ışık mikroskobu, Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop, SEM ve EDX analizi yaygın şekilde kullanılan tekniklerdir.

SEM, birçok alanda kullanılan iyi tanımlanmış bir tekniktir. Mine sert doku örnekleri SEM sayesinde üç boyutlu olarak incelenebilmektedir. Fokus derinliği, ayırım gücü ve görüntü analizi sayesinde SEM birçok araştırma ve incelemelerde yaygın olarak kullanılır hale gelmiştir. Bu özelliklerinden dolayı mine yüzeyinin topografik yapısını ve oluşan değişikliklerin incelenmesini mümkün kılmaktadır (146). Dişhekimliğinde organik içerikli materyallerin ultramikroskopik düzeyde incelenmesinde, yüksek çözünürlükte ve düşük elektron voltajı kullanılarak morfolojik yüzey özelliklerinin net bir şekilde incelenebilmesine olanak sağlamak SEM kullanımının avantajlarıdır (281). SEM başlangıç mine lezyonlarının yüzey morfolojilerinin incelendiği birçok in vitro çalışmada altın standart olarak kullanılmaktadır (129, 210, 213, 282-284).

SEM genellikle araştırmalarda destekleyici teknik olarak kullanılmıştır. Çalışmamızın sonuçları, ortodontik braketlerin bağlanma dayanımı testi bulgularının yanı sıra SEM bulguları ile de desteklendi. Herbir gruptan hazırladığımız diş örneklerinin 10 günlük erozyon remineralizasyon siklusu uygulamasından sonra yüzey erozyon ve remineralizasyonunu doğrulamak ve karşılaştırmak için SEM analizi yapıldı.

Flor (APF jeli) sem bulgularının tartışılması

Florun mine yüzeyine etkinliklerinin SEM ile değerlendirildiği araştırmalarda, mine yüzeyinin CaF_2 kristalleri ile kaplandığı görülmüştür. Ancak florun remineralizasyon üzerine etkisinin değerlendirildiği çalışmalarda, minenin asit ataklarına karşı yanıtını, tek başına F^- iyonlarının varlığı ile açıklamanın mümkün olmadığı bildirilmiştir. Topikal flor uygulamaları sırasında yeni florapatit veya florohidroksiapatit kristallerinin oluşabilmesi için Ca^{+2} ve PO_4^- 'a ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle topikal florun ortamda ne kadar yüksek konsantrasyonlarda bulunurlarsa bulunsunlar, mine yüzeyine uygulandıklarında eğer ortamda yeterli miktarda Ca^{+2} ve PO_4^- iyonu yoksa F^- 'dan yeterli düzeyde faydalanılamadığı bildirilmiştir (285).

Eisenburger ve ark. (77) mine yüzeyinde farklı pH derecelerindeki sitrik asit ile oluşturdukları eroziv lezyonlu dişlerin flor içeren yapay tükürük ya da serum fizyolojik solyosunu içinde bekletilmesinden sonra SEM ile incelemişler ve flor içeren yapay tükürük içinde bekletilen örneklerin mine yüzeylerinde gözlenen karmaşık yapıyı remineralize mine yapısı olarak değerlendirmişlerdir.

Bilgin ve ark. (286) topikal flor uygulamalarını karşılaştırdıkları in vitro çalışmanın SEM bulgularında mine yüzeyinde yeni oluşan globüler kristallerle örtülü olduğunu izlemişler ve bu yapının CaF_2 kristalleri olabileceğini belirtmişlerdir.

Sodyumflorid, aminflorid, nano hidroksiapatit ve iyonik kalsiyum içeren diş macunlarının başlangıç mine lezyonlarına etkisinin karşılaştırıldığı in vitro bir çalışmada lezyonlarda oluşan yüzey morfolojik değişiklikleri SEM ile incelenmiş ve her grubun kendine özgü bir remineralizasyon şekli olduğu görülmüştür. Hidroksiapatitli diş macununun oluşturduğu remineralizasyon yüzeyinin düzgün ve pürüzsüz nitelikte olduğu; florlu diş macununun oluşturduğu remineralizasyonun ise

düzensiz ve homojen olmayan bir tabaka olduğu ve bazı mikroporların kapanmadığı gözlemlenmiştir (287).

Souza-Gabriel ve ark.(288) APF, Duraphat, vernik ve CO₂ lazer kullanımının çürük inhibisyonuna etkisini karşılaştırdıkları çalışmanın SEM değerlendirmesinde, APF uygulanan grupta kontrol grubuna benzer bir görüntü gözlemlendiğini ve mine prizmalarının açığa çıkmadığını bildirmişlerdir. Duraphat uygulanan grupta ise yüzeyde CaF₂ bileşiklerinin oluştuğunu bildirmişlerdir.

Öztürk ve ark. (289) yaptıkları çalışmada APF uygulanan grupta kontrol grubuna (deminerale) benzer şekilde deney sonrası mine prizmaları açığa çıkmış ancak açığa çıkan mine prizmaları kontrol grubundaki kadar çok sayıda olmadığını SEM görüntülerinde göstermişlerdir.

Chersoni ve ark. (9) in vivo olarak yaptıkları çalışmada florun mine geçirgenliği üzerindeki etkisi SEM ile incelenmiştir. Mine yüzeyine topikal flor uygulandıktan sonra CaF₂ benzeri globüller belirlenmiş ve florun çürük önleyici etkisinin minenin difüzyon yollarını ve geçirgenliğini azaltmasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Ayrıca; CaF₂ benzeri globüllerin zamanla bir bariyer oluşturarak mineyi indirek olarak koruduğunu da belirtmişlerdir.

Rosin-Grget ve ark. (290) yaptıkları çalışmada farklı flor içerikli solüsyonların topikal uygulamasından sonra yüzeyde oluşturdukları değişiklikleri SEM ile inceleyip EDX ile mineral içeriğini analiz etmişlerdir. Buna göre; yüksek flor içerikli solüsyonların yüzeyde daha homojen depozit dağılımı gösterdiği, düşük flor içerikli solüsyonların ise daha geniş globül oluşturdukları bildirilmiştir. Daha geniş alana sahip globüllerin daha az çözünebildiği ve böylece daha uzun süre flor rezervuarı olarak hizmet edebileceği de rapor edilmiştir.

Nassur ve ark. (291) yaptıkları çalışmalarında titanyum tetraflorid (TiF₄) ve β siklodekstrin (βCD)'in mine erozyonunu önleyici etkisini araştırmışlar, mine yüzeylerini TiF₄, βCD ve ikisini birlikte kullanarak tedavi etmişler ve ardından pH siklusuna maruz bırakarak SEM görüntülerini incelemişlerdir. Buna göre; florun tek başına ve kombine kullanımında daha sağlam bir yüzey görüntüsü elde edilirken, diğer gruplarda daha gözenekli bir görüntü elde edilmiştir. Çalışmamızda erozyon siklusu sonrası SEM bulguları Nassur ve ark. bulguları ile benzerlik göstermektedir.

Demineralize alanlar bir miktar balpeteği yapıları şeklinde hala görülüp, hafif bir düzensiz erozyon paterni gözlemlendi. Flor jeli uygulamasından sonra diş yüzeyinde CaF_2 bileşikleri oluştuğu tespit edildi.

F+ Diyod lazer SEM bulgularının tartışılması

Goodman ve ark. (292) düşük dalga boyunda Argon lazerle minenin irraddiye edilmesinden sonra yüzeyel erimelerin oluştuğunu, kristal yapının çözündüğünü; bunu soğuma, rekristalizasyon ve flor varlığında florapatit oluşumunun takip ettiğini bildirmişlerdir.

Kukul ve ark. (293) farklı parametrelerde er,cr:ysgg ve diyod lazer uygulamasının mine ve dentin erozyonunu önleme üzerine etkisini inceledikleri çalışmadaki SEM görüntüleri sonuçlarında, 15 j/cm^2 ve 60 j/cm^2 enerji yoğunluğunda uygulamada, 15 j/cm^2 enerji yoğunluğunda mine yüzeyinin düzgün olduğu, yüzeyel erimelerin oluştuğu, 60 J/cm^2 enerji yoğunluğunda yüzeyel erimelerin daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bu durum, lazer uygulandıktan sonra yüzeyde meydana gelen ısının, minenin kimyasal ve morfolojik yapısını değiştirerek, yüzeyin erozyon siklusu sırasında asit difüzyonunun daha az etkilenmesini sağlamış olabilir. Ayrıca, yüzeyde meydana gelen değişiklikler, yüzeyi daha pürüzlü hale getirmiş; böylece yüzey pürüzlülüğünün artmasını istatistiksel olarak anlamlı derecede önleyemediğini bildirmişlerdir. Çalışmada uygulanan her iki parametredeki diyod lazer, minede erozyonu önlemede etkili olmuştur.

Vlacic ve ark.(16) diyod lazer ve flor uygulamasının minede erozyonu önlemede etkili olduğunu bildiren çalışmaları bulunmaktadır. Yüzey SEM incelemelerinde mine yüzeyine yapılan lazer uygulamaları sonrası, açık tübül sayısının daha fazla ve çaplarının daha geniş olduğu izlenmiştir. Bu durumun, çalışmada kullanılan enerji yoğunluklarının, eroziv atakların etkisini azaltmak için gerekli olan yüzey değişikliklerini oluşturmamış olmasından kaynaklandığı düşünüldüğü belirtilmiştir.

Tsai ve ark. (294), Nd: YAG ve CO_2 lazer uygulamasının minenin asit direnci üzerindeki etkinliğini karşılaştırmışlardır. 24 saat demineralize solusyonda beklettikten sonra yapılan SEM incelemelerinde her iki lazer uygulanan mine yüzeyinde derin krater ve deliklerin oluştuğunu, bu alanların minenin yapısal

bütünlüğünü bozduğunu ve asit penetrasyonu için bir geçiş yolu sağladığını bildirmişlerdir.

CO₂ lazer, APF ve Duraphat vernik kullanımının çürük inhibisyonuna etkisini karşılaştırılan bir çalışmanın SEM değerlendirmesinde, CO₂ lazer uygulanan grupta füzyon ve rekristalizasyon gibi yapısal değişikliklerin meydana geldiğini bildirmişlerdir (288).

Esteves-Oliveira ve ark.(295) düşük yoğunluktaki CO₂ lazerin minenin çözünürlüğü üzerindeki etkisini değerlendirdikleri çalışmanın SEM görüntülerinde ise, 0.3 j/cm² ve 0.7 j/cm² yoğunluğundaki lazer uygulanan mine yüzeylerinde kontrol grubuna göre düzensizlikler ve poroziteler görülmüştür. Demineralize solusyondan çıkarıldıktan sonra incelenen örneklerde kontrol grubu ve 0.3 j/cm² yoğunluğunda lazer uygulanan grupta yüksek mine porozitesi ve mine rodlarının çözünmesi gözlenmiştir.

Correa-Afonso ve ark.(296) yaptıkları çalışmada 0.3 j/cm² enerji yoğunluğunda CO₂ lazer uygulanan sürekli diş yüzeylerindeki SEM bulgularında erime, füzyon gibi morfolojik değişiklikler meydana gelmemiş, ancak düzensiz alanlar oluşmuştur. Demineralizasyon sonrası CO₂ lazer örneklerinde yüzeyde pürüzlülük, porozite artışı görülmüştür.

Ana ve ark. (197) yaptıkları bir çalışmada lazerin mine üzerindeki çürük önleyici etkisini SEM ile incelemişler ve mine yüzeyine lazer uygulandığında mine ve dentinde mikro boşlukların meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Magalhaes ve ark. (297) NaF, TiF₄ preparatlarının Nd: YAG lazerle birlikte kullanımının mine erozyonu üzerindeki etkisini SEM ile incelemişler, TiF₄ ve Nd:YAG lazerin birlikte kullanıldığı grupta diğer gruplara göre mine yüzeyinde por ve mikro çatlakların daha az sayıda oluştuğunu belirtmişlerdir.

Güneş ve ark. (299) yaptıkları çalışmadaki mine yüzeylerinin SEM bulguları incelendiğinde Erozyon siklusu sonrası flor uygulanan grupta daha az gözenekli bir yüzey görüntüsü elde edilmiştir. Florun tek başına ve diyod lazer ile kombine kullanımında daha sağlam bir yüzey görüntüsü elde edilirken, tek başına diyod lazer grubunda daha gözenekli bir görüntü elde edilmiştir. Bizim çalışmamızda da flor ve

diyod lazeri birlikte kullandığımız grupta (Grup F+D) daha az porozite görüldü. Mine morfolojisinde görülen CaF_2 'ye benzer özellik gösteren CaF_2 kümelenme alanları sadece flor uygulanan çalışma grubundan daha fazla mine yüzeyinin değişik bölgelerinde gözlemlendi.

MI Paste plus sem bulgularının tartışılması

Kazeinin bir modifikasyonu olan CPP-ACP'nin hidroksiapatitin çözünürlüğü üzerine etkileri birçok çalışmada incelenmiştir (300, 301). Mine yüzeyinde oluşturulan beyaz lezyonların CPP-ACP patı kullanılarak oluşturulan remineralizasyonu sonrası uygulanan ortodontik braketlerin bağlanma dayanım kuvvetlerinin incelendiği bir çalışmada CPP-ACP'nin mine yüzeyinde belirgin oranda remineralizasyon kapasitesini arttırdığını, örneklerin SEM görüntülerinin incelendiğinde, mine yüzeyindeki remineralizasyon alanlarının asit ataklara karşı çok daha dirençli olduğunu göstermiştir (300).

CPP-ACP düşük pH varlığında kalsiyum ve fosfat oluşturmak için ayrışarak bir kalsiyum ve fosfat rezervuarı gibi rol oynar ve demineralizasyonu azaltır(302).Hemingway ve ark (303) çalışmalarında kazein ile modifiye edilen sitrik asitin diğer gruplara göre erozyonu ciddi anlamda önlediğini göstermiş, SEM görüntülerine bakıldığında yüzeyi kaplayan yaklaşık 5µm kalınlığında amorf bir katmanın varlığı gözlemlenmiştir.

Oshiro ve ark.(274) CPP-ACP'nin mine remineralizasyonu üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında, CPP-ACP içeren pat uygulanmasının sonuçlarını SEM görüntülerini karşılaştırılarak incelemiştir. Bu çalışmanın sonucunda kontrol grubu görüntülerinde yüzey mine tabakasında demineralizasyon belirgin iken, CPP-ACP patının uygulandığı grupta minede sadece çok hafif porozite mevcut olup demineralizasyonun engellendiği bildirilmiştir.

Pai ve ark. (304) in vitro olarak CPP-ACP içerikli patın çekilmiş insan dişlerinin remineralizasyonuna etkisinin SEM ve QLF kullanarak incelediği çalışmalarındaki SEM görüntülerinde, CPP-ACP grubunun kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde remineralizasyonu arttırdığı sonucuna varmışlardır.

Zhang ve ark.'nın (305) yaptıkları in-vitro bir çalışmada, CPP-ACP patının süt dişi mine yüzeylerinde oluşturulan yapay yüzey altı mine lezyonlarına olan remineralizasyon etkisi incelenmiştir. Çalışma gruplarını 500 ppm'lik NaF, CPP-ACP ve distile su oluşturmaktadır. Yapılan SEM incelemesinde sağlam mine yüzeyinde kristallerin homojen olarak dağıldığı düzenli bir görünüm mevcuttur. Buna karşılık demineralize mine yüzeyinde kristaller düzensiz, küçük ve bazı bölgelerde birleşmiş olarak görülmektedir. CPP-ACP ve NaF grubunda yüzeyde çok sayıda parçacık ve amorf kristaller görülmektedir, ancak CPP-ACP grubunda bu kristaller daha homojen dizilmişlerdir.

Gümüş'ün (298) mine çürük lezyonları üzerine CPP-ACP, CPP-ACP+F (MI Paste Plus) içerikli patların ve pozitif kontrol grubunun SEM ile değerlendirilmesinin yapıldığı tez çalışmasında, gruplarda benzer yüzey özelliklerinin izlendiği, yüzeyin yeni bir remineralizasyon tabakası ile örtüldüğü ve bu tabakanın prizma korlarının oyulmasıyla oluşan çöküntüleri doldurarak yüzeyin poröz görünümünü maskeleyiği görülmüştür. Oluşan yüzey tabakasının yuvarlak şekilli globüllerden oluştuğu izlenmiştir.

Vashisht ve ark (208), %10'luk CPP-ACP (Tooth Mousse™)'nin remineralizasyon etkinliğini değerlendirdikleri çalışmalarında Tedavi bitiminde dişler çekilerek SEM görüntüleriyle incelenmiş ve CPP-ACP'nin başlangıç mine lezyonlarında anlamlı bir remineralizasyon sağlayabildiği görülmüştür.

Jayarajan ve ark. (306), in-vitro koşullarda yaptıkları çalışmalarında CPP-ACP ile CPP-ACP+F patının başlangıç mine çürük lezyonları üzerinde remineralizasyon etkililiğini değerlendirmişlerdir. SEM bulgularında CPP-ACP grubunda mine yüzeyinde gözenekli yapılar boyunca kalsifikasyon bölgeleri kalın ve düzenli şekilde izlenmiştir. CPP-ACP+F grubunda ise CPP-ACP grubuna benzer ancak kalsifikasyonun biraz daha belirgin olduğu izlenmiştir. Çalışmanın sonucunda CPP-ACP ve CPP-ACP+F patlarının mine çürük lezyonu üzerinde etkili olduğu ancak gruplar arasında anlamlı düzeyde bir fark olmadığı belirtilmiştir. CPP-ACP ve CPP-ACP+F içerikli patlar ile yapılan bu iki farklı SEM çalışmasında, bu ajanların mine yüzeyinde bir remineralizasyon tabakası oluşturduğu ve bu tabakanın demineralizasyona karşı direnci arttırdığını belirterek, çalışmamızla paralel bulgular

bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızın sem bulgularıda remineralizasyon tabakası oluştuğu remineralizasyonun daha pürüzsüz ve homojen olduğu gözlemlendi.

Biorepair sem bulgularının tartışılması

Huang ve ark.'nın (282) nano hidroksiapatitin remineralizasyon etkisini değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada; sığır kesici dişlerinde oluşturulan demineralize alanlara farklı konsantrasyonlardaki nano hidroksiapatit ve 1000 ppm NaF uygulanmış, örnekler SEM ile değerlendirilmiştir. Yapılan yüzey morfolojisi incelemesinde; pH siklusu sonrası iğne şeklinde kristal birikimleri olduğu ve yüzeydeki boşluk ve defektleri doldurduğu görülmüştür.

Yapısına farklı konsantrasyonlarda nano hidroksiapatit ilave edilen bir fissür örtücü materyalinin sertleşme derinliğinde ve uygulandığı yüzey üzerinde meydana gelen değişimler SEM'le incelenmiştir. Fissür örtücü diş yüzeyi arasına SEM ile bakıldığında; hidroksiapatitin mine yüzeyinde rekristalizasyon meydana getirdiği ve fissür örtücüyle mine yüzeyi arasında bir remineralizasyon tabakası oluşturduğu gözlemlenmiştir (307).

Yüzde 10'luk nano hidroksiapatit solüsyonunun başlangıç mine lezyonlarına remineralizasyon etkisinin %2'lik sodyum florid solüsyonuyla karşılaştırıldığı bir çalışmanın sonuçları SEM ile değerlendirilmiş ve nano hidroksiapatit partiküllerinin demineralizasyon sonucu oluşan porlara tutunduğu tespit edilmiştir. Bu tutunan nanokristallerin çökeldikleri yerlerde büyüyerek mikrokümeler haline geldiği ve demineralize mine yüzeyi üzerinde düzgün bir apatitik tabaka oluşturduğu görülmüştür (308).

Jeong ve ark. (19) mine yüzeyine nano hidroksiapatit içerikli macunun etkisini değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmalarında macun uygulaması sonrası yapılan SEM incelemesinde; hidroksiapatit partiküllerinin mine yüzeyiyle reaksiyona girdiği, Ca ve P iyonlarının konsantrasyonunu arttırdığı ve bu olayın demineralizasyon yüzeyinin tamiriyle sonuçlandığını öne sürmüşlerdir.

Nano hidroksiapatit + Flor, biyoaktif cam ve stronsiyum asetat-florid içerikli diş macunlarının remineralizasyon etkinliğinin SEM ile değerlendirildiği bir çalışmanın sonucunda; nano hidroksiapatit+florlu diş macununun uygulandığı grupta yüzeyde demineralizasyonun kaybolduğu ve yüzeyin koruyucu bir tabakayla

örtüldüğü; ancak bu tabakanın florlu diş macunu uygulanan grupta bulgulanmadığı belirtilmiştir (309).

Nanohidroksiapatit partiküllerinden oluşan tabaka minedeki mineral kaybını ve lezyon gelişimini önlemektedir. Nitekim %10 ve %15'lik nano hidroksiapatit içeren diş macunlarının dentindeki remineralizasyon etkisini Novamin ve sodyummonoflorofosfatlı macunlarla karşılaştıran bir in situ çalışmanın SEM bulgularında da; nano hidroksiapatitin bir kalsiyum-fosfat rezervuarı gibi görev gördüğü, iyon süpersatürasyonunu sağlayarak demineralize yüzey üzerine minerallerin çökmesini sağladığı belirtilmiştir (310).

Dündar'ın (311) mine yüzeyinin farklı rezinlerle kaplanması ve sitrik asidin flor, nano-hidroksiapatit ve kazein ile modifiye edilmesi işlemlerinin dental erozyonu önlemedeki etkinliklerinin incelendiği tez çalışmasının SEM görüntüleri bulgularında nano-hidroksiapatit ilave edilmiş sitrik asit uygulanmış yüzeydeki mine kaybını azalttığı mine yüzeyinde yoğun amorf bir yapının oluştuğu gözlemlenmiştir.

Najibfard ve ark. (129), yaptıkları çalışmada ortofosforik asit uygulanan mine yüzeylerine flor ve nanohidroksiapatit içerikli diş macunu uygulayıp fırçalamışlar ve SEM görüntülerini incelemişlerdir. Flor içerikli diş macunu uygulanan mine örneklerinin SEM görüntülerinde mine yüzeyinde prizmatik ve interprizmatik mine yapılarının açık olarak bir miktar görülebildiği, nano hidroksiapatit içerikli diş macunu uygulanmış mine örneklerinin SEM görüntülerinde ise nanohidroksiapatit kristaller sayesinde prizmatik ve interprizmatik mine yapılarının homojen bir apatit kristal yapısı ile tamamen kaplandığı gözlemlenmiştir.

Bizim çalışmamızda da nanohidroksiapatit içeren diş macunu uygulanan mine yüzeyinin prizmatik ve interprizmatik mine yapılarını da örtecek şekilde yeni oluşan apatitik tabakayla kaplandığı, remineralizasyon tabakasının ise homojen bir yüzey tabakasına sahip olmadığı bunun nedeninin ise remineralizasyon ajanımız olan biorepair diş macununun içerisinde flor bulunmadığından kaynaklandığı düşünüldü.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Erozyon oluşturulan çekilmiş insan küçük azı dişlerinin mine yüzeylerine, F içerikli APF jeli (Grup F), F+Diyod Lazer (Grup F+D), CPP-ACP+F içerikli MI Paste Plus (Grup M), Nano-hidroksiapatit içerikli Biorepair diş macunu (Grup B), pozitif kontrol grubu (Grup PK) ve negatif kontrol grubu (Grup NK)'nun remineralizasyon ajanlarının uygulanması sonrası ortodontik braketlerin bağlanma dayanımlarının ve SEM görüntülerinin değerlendirildiği in vitro çalışmamızın sonuçlarına göre;

1. İn vitro çalışmada elde edilen remineralizasyon ajanlarının bağlanma dayanımı testi sonuçlarına göre en düşük bağlanma dayanımı değerleri Grup F (Flor içerikli APF jeli) için bulundu (7.95 ± 1.59 Mpa). En yüksek bağlanma dayanımı değerleri ise Grup NK (Negatif Kontrol Grubu, Sağlam mine) için bulundu (14.32 ± 1.66 Mpa).
2. On günlük erozyon remineralizasyon siklusu sonrasında örneklerin bağlanma dayanımları incelendiğinde, gruplar arasındaki (6 grup) bağlanma dayanımları ölçüm değerleri yönünden istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p < 0,001$).
3. Yapılan ileriki karşılaştırmalarda Grup M (MI Paste Plus) ve Grup B (Biorepair) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p = 0,375$).
4. Grup M (MI Paste Plus) ve Grup B (Biorepair) haricinde tüm diğer ikili grup karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p < 0,001$).
5. Grupların bağlanma dayanımı değerleri açısından sıralaması ise; Grup NK (Sağlam mine) > Grup B (Biorepair) ~ Grup M (MI Paste Plus) > Grup F+D (flor+diyod lazer) > Grup F (APF jeli) > Grup PK (Erozyonlu mine) şeklindedir.
6. Tüm gruplardaki bağlanma dayanımı değerleri Reynolds'ın belirlemiş olduğu klinik başarı için gerekli bağlanma dayanımı değerlerini (5.9-7.8 Mpa) sağladı.
7. SEM görüntülerinden elde edilen bulgular bağlanma dayanımı bulgularını desteklemektedir.

Bu bilgiler doğrultusunda;

- a. Remineralizasyon açısından en başarılı ajan Biorepair (Grup B) olarak belirlenirken, tüm uygulanan remineralizasyon tedavi ajanı materyallerinin, ortodontik bağlanma dayanım kuvvetlerini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttırdığı belirlendi.
- b. Biorepair, MI Paste Plus, Flor+Diyod Lazer ve Florun sabit ortodontik tedavi öncesinde erozyon gözlemlenen diş mine yüzeylerine uygulanarak erozyonun engellenmesi, remineralizasyonun sağlanması ve ortodontik braketlerin bağlanma dayanımlarının arttırılmasında önemli alternatif uygulama yöntemleri olabileceği sonucuna ulaşıldı.
- c. Gelecekte bu materyallerin etkinliklerinin klinik olarak doğrulandığı, prospektif randomize kontrollü daha geniş ortodonti çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

7. KAYNAKLAR

1. Özel E, Gökçe K. Spor İçecekleri ve Dental Erozyon. Atatürk Üni Diş Hek Fak Derg. 2006:14-7.
2. Lussi A. Erosive tooth wear - a multifactorial condition of growing concern and increasing knowledge. Monogr Oral Sci. 2006;20:1-8.
3. Johansson A-K, Sorvari R, Birkhed D, Meurman JH. Dental erosion in deciduous teeth an in vivo and in vitro study. J Dent. 2001;29(5):333-40.
4. Steiner-Oliveira C, Nobre-dos-Santos M, Zero DT, Eckert G, Hara AT. Effect of a pulsed CO2 laser and fluoride on the prevention of enamel and dentine erosion. Arch Oral Biol. 2010;55(2):127-33.
5. Attin T, Deifuss H, Hellwig E. Influence of acidified fluoride gel on abrasion resistance of eroded enamel. Caries Res. 1999;33(2):135-9.
6. Hughes J, West N, Addy M. The protective effect of fluoride treatments against enamel erosion in vitro. J Oral Rehabil. 2004;31(4):357-63.
7. Wiegand A, Waldheim E, Sener B, Magalhães A, Attin T. Comparison of the effects of TiF4 and NaF solutions at pH 1.2 and 3.5 on enamel erosion in vitro. Caries Res. 2009;43(4):269-77.
8. Hjortsjö C, Jonski G, Young A, Saxegaard E. Effect of acidic fluoride treatments on early enamel erosion lesions a comparison of calcium and profilometric analyses. Arch Oral Biol. 2010;55(3):229-34.
9. Chersoni S, Bertacci A, Pashley DH, Tay FR, Montebugnoli L, Prati C. In vivo effects of fluoride on enamel permeability. Clin Oral Investig. 2011;15(4):443-9.
10. Görken F, Erdem A, İkikarakayalı G, Sepet E. Nano-Hidroksiapatitli Diş Macunlarının Mine Remineralizasyonu Üzerine Etkileri. İstanbul Üni Diş Hek Fak Derg. 2013;47(2):81.
11. Varol S, Varol E. Fluorosis as an environmental disease and its effect on human health. TAF Prev Med Bul. 2010;9(3):233-8.

12. Castellan CS, Luiz AC, Bezinelli LM, Lopes RM, Mendes FM, Eduardo CDP, et al. In vitro evaluation of enamel demineralization after Er: YAG and Nd: YAG laser irradiation on primary teeth. *Photomed Laser Surg.* 2007;25(2):85-90.
13. Chen C-C, Huang S-T. The effects of lasers and fluoride on the acid resistance of decalcified human enamel. *Photomed Laser Surg.* 2009;27(3):447-52.
14. Hossain MI, Hossain M, Kimura Y, Kinoshita J-I, Yamada Y, Matsumoto K. Acquired acid resistance of enamel and dentin by CO₂ laser irradiation with sodium fluoride solution. *J Clin Laser Med Surg.* 2002;20(2):77-82.
15. Rios D, Magalhaes AC, Machado MAdAM, da Silva SMB, Lizarelli RdFZ, Bagnato VS, et al. In vitro evaluation of enamel erosion after Nd: YAG laser irradiation and fluoride application. *Photomed Laser Surg.* 2009;27(5):743-7.
16. Vlacic J, Meyers IA, Kim J, Walsh LJ. Laser-activated fluoride treatment of enamel against an artificial caries challenge: comparison of five wavelengths. *Aust Dent J.* 2007;52(2):101-5.
17. Wiegand A, Magalhães AC, Navarro RS, Schmidlin PR, Rios D, Buzalaf MAR, et al. Effect of titanium tetrafluoride and amine fluoride treatment combined with carbon dioxide laser irradiation on enamel and dentin erosion. *Photomed Laser Surg.* 2010;28(2):219-26.
18. Haghgoo R, Abbasi F, Rezvani MB. 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.* 2011;6(28):5933-6.
19. Jeong S, Jang S, Kim KN, Kwon H, Park YD, Kim B, editors. Remineralization potential of new toothpaste containing nano-hydroxyapatite. *Trans Tech Publ.;* 2006:537-540
20. Theodore M, Harald O, Edward J. *Sturdevant's art & science of operative dentistry.* Mosby. 2006;5:807-40.
21. Hu JC, Chun YH, Al Hazzazzi T, Simmer JP. Enamel formation and amelogenesis imperfecta. *Cells Tissues Organs.* 2007;186(1):78-85.

22. Anderson M. Risk assessment and epidemiology of dental caries: review of the literature. *Pediatr Dent*. 2002;24(5):377-85.
23. Berkovitz B, Holland GR, Moxham B. Oral anatomy, embryology and histology: Mosby Incorporated; 2002.
24. Piesco N, Simmelink J. Histology of enamel. *Oral Development and Histology*; Avery, JK, Ed; Georg Thieme Verlag: New York, NY, USA. 2002.
25. Lussi A, Hellwig E, Klimek J. Fluorides - mode of action and recommendations for use. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*. 2012;122(11):1030-42.
26. Robinson C, Brookes SJ, Shore RC, Kirkham J. The developing enamel matrix: nature and function. *Eur J Oral Sci*. 1998;106 Suppl 1:282-91.
27. Featherstone JD, ten Cate JM, Shariati M, Arends J. Comparison of artificial caries-like lesions by quantitative microradiography and microhardness profiles. *Caries Res*. 1983;17(5):385-91.
28. Hara AT, Zero DT. The caries environment: saliva, pellicle, diet, and hard tissue ultrastructure. *Dent Clin North Am*. 2010;54(3):455-67.
29. Imfeld T. Dental erosion. Definition, classification and links. *Eur J Oral Sci*. 1996;104(2 (Pt 2)):151-5.
30. Lussi A, Schlueter N, Rakhmatullina E, Ganss C. Dental erosion--an overview with emphasis on chemical and histopathological aspects. *Caries Res*. 2011;45 Suppl 1:2-12.
31. Litonjua LA, Andreana S, Bush PJ, Cohen RE. Tooth wear: attrition, erosion, and abrasion. *Quintessence Int*. 2003;34(6):435-46.
32. Lussi A, Carvalho TS. Erosive tooth wear: a multifactorial condition of growing concern and increasing knowledge. *Monogr Oral Sci*. 2014;25:1-15.
33. Odabaş ME, Tunçbilek P, Bodur H. Diş hekimliğinde erozyon. *Acta Odontol Turc*. 2012;29(3):193.
34. Atila E, Eden E. Dental erozyon: etiyoloji, tanı ve tedavi yaklaşımı. *EÜ Dişhek Fak Derg*. 2011; 33 (2): 56. 2011;63.

35. Lussi A, Jaeggi T. Erosion--diagnosis and risk factors. *Clin Oral Investig.* 2008;12 Suppl 1:5-13.
36. Jaeggi T, Lussi A. Prevalence, incidence and distribution of erosion. *Monogr Oral Sci.* 2006;20:44-65.
37. Ganss C, Lussi A. Diagnosis of erosive tooth wear. *Monogr Oral Sci.* 2006;20:32-43.
38. Nunn JH. Prevalence of dental erosion and the implications for oral health. *Eur J Oral Sci.* 1996;104(2 (Pt 2)):156-61.
39. Ercan E, Kaya A. Dental Erosion. *Istanbul Üni. Diş. Hek. Fak. Derg.* 2013;47(3):73.
40. Caglar E, Kargul B, Tanboga I, Lussi A. Dental erosion among children in an Istanbul public school. *J Dent Child (Chic).* 2005;72(1):5-9.
41. Gandara BK, Truelove EL. Diagnosis and management of dental erosion. *J Contemp Dent Pract.* 1999;1(1):16-23.
42. Ganss C, Klimek J, Giese K. Dental erosion in children and adolescents—a cross-sectional and longitudinal investigation using study models. *Community Dent Oral Epidemio.* 2001;29(4):264-71.
43. Al-Dlaigan YH, Shaw L, Smith A. Dental erosion in a group of British 14-year-old school children. Part II: Influence of dietary intake. *Br Dent J.* 2001;190(5):258-61.
44. Magalhaes AC, Wiegand A, Rios D, Honorio HM, Buzalaf MA. Insights into preventive measures for dental erosion. *J Appl Oral Sci.* 2009;17(2):75-86.
45. Scheutzel P. Etiology of dental erosion--intrinsic factors. *Eur J Oral Sci.* 1996;104(2 (Pt 2)):178-90.
46. Jarvinen V, Rytomaa I, Meurman JH. Location of dental erosion in a referred population. *Caries Res.* 1992;26(5):391-6.
47. Bartlett D. Intrinsic causes of erosion. *Monogr Oral Sci.* 2006;20:119-39.

48. Klein DA, Walsh BT. Eating disorders: clinical features and pathophysiology. *Physiol Behav.* 2004;81(2):359-74.
49. Vakil N, van Zanten SV, Kahrilas P, Dent J, Jones R, Global Consensus G. The Montreal definition and classification of gastroesophageal reflux disease: a global evidence-based consensus. *Am J Gastroenterol.* 2006;101(8):1900-20; quiz 43.
50. Linnett V, Seow WK, Connor F, Shepherd R. Oral health of children with gastroesophageal reflux disease: a controlled study. *Aust Dent J.* 2002;47(2):156-62.
51. Cengiz S, Cengiz MI, Sarac YS. Dental erosion caused by gastroesophageal reflux disease: a case report. *Cases J.* 2009;2:8018.
52. Vitale GC, Cheadle WG, Patel B, Sadek SA, Michel ME, Cuschieri A. The effect of alcohol on nocturnal gastroesophageal reflux. *JAMA.* 1987;258(15):2077-9.
53. Christen AG. Dentistry and the alcoholic patient. *Dent Clin North Am.* 1983;27(2):341-61.
54. Smith BG, Knight JK. A comparison of patterns of tooth wear with aetiological factors. *Br Dent J.* 1984;157(1):16-9.
55. Smith BG, Robb ND. Dental erosion in patients with chronic alcoholism. *J Dent.* 1989;17(5):219-21.
56. Levine DF, Wingate DL, Pfeffer JM, Butcher P. Habitual rumination: a benign disorder. *Br Med J (Clin Res Ed).* 1983;287(6387):255-6.
57. Ren YF, Liu X, Fadel N, Malmstrom H, Barnes V, Xu T. Preventive effects of dentifrice containing 5000ppm fluoride against dental erosion in situ. *J Dent.* 2011;39(10):672-8.
58. Lussi A, Jaeggi T. Chemical factors. *Monogr Oral Sci.* 2006;20:77-87.
59. Grando LJ, Tames DR, Cardoso AC, Gabilan NH. In vitro study of enamel erosion caused by soft drinks and lemon juice in deciduous teeth analysed by stereomicroscopy and scanning electron microscopy. *Caries Res.* 1996;30(5):373-8.

60. Zero DT. Etiology of dental erosion--extrinsic factors. *Eur J Oral Sci.* 1996;104(2 (Pt 2)):162-77.
61. West NX, Hughes JA, Addy M. Erosion of dentine and enamel in vitro by dietary acids: the effect of temperature, acid character, concentration and exposure time. *J Oral Rehabil.* 2000;27(10):875-80.
62. Mulic A, Tveit AB, Hove LH, Skaare AB. Dental erosive wear among Norwegian wine tasters. *Acta Odontol Scand.* 2011;69(1):21-6.
63. Lussi A, Jaeggi T, Zero D. The role of diet in the aetiology of dental erosion. *Caries Res.* 2004;38 Suppl 1:34-44.
64. Lussi A, Jaeggi T. Occupation and sports. *Monogr Oral Sci.* 2006;20:106-11.
65. Wiktorsson AM, Zimmerman M, Angmar-Månsson B. Erosive tooth wear: prevalence and severity in Swedish winetasters. *Eur J Oral Sci.* 1997;105(6):544-50.
66. Hooper SM, Hughes JA, Newcombe RG, Addy M, West NX. A methodology for testing the erosive potential of sports drinks. *J Dent.* 2005;33(4):343-8.
67. Clark CS, Kraus BB, Sinclair J, Castell DO. Gastroesophageal reflux induced by exercise in healthy volunteers. *JAMA.* 1989;261(24):3599-601.
68. Addy M, Hunter ML. Can tooth brushing damage your health? Effects on oral and dental tissues. *Int Dent J.* 2003;53 Suppl 3:177-86.
69. Giunta JL. Dental erosion resulting from chewable vitamin C tablets. *J Am Dent Assoc.* 1983;107(2):253-6.
70. Laurance-Young P, Bozec L, Gracia L, Rees G, Lippert F, Lynch RJ, et al. A review of the structure of human and bovine dental hard tissues and their physicochemical behaviour in relation to erosive challenge and remineralisation. *J Dent.* 2011;39(4):266-72.
71. Featherstone JD, Lussi A. Understanding the chemistry of dental erosion. *Monogr Oral Sci.* 2006;20:66-76.
72. LeGeros RZ. Calcium phosphates in oral biology and medicine. *Monogr Oral Sci.* 1991;15:1-201.

73. Featherstone JD, Duncan JF, Cutress TW. A mechanism for dental caries based on chemical processes and diffusion phenomena during in-vitro caries simulation on human tooth enamel. *Arch Oral Biol.* 1979;24(2):101-12.
74. Featherstone JD, Mayer I, Driessens FC, Verbeeck RM, Heijligers HJ. Synthetic apatites containing Na, Mg, and CO₃ and their comparison with tooth enamel mineral. *Calcif Tissue Int.* 1983;35(2):169-71.
75. Bhushan J, Joshi R, Sidhu K, Singh A. Tooth Wear-An Overview With Special Emphasis On Dental Erosion. *Indian J Dent Sci.* 2011;3(5).
76. Meurman J, Frank R. Scanning electron microscopic study of the effect of salivary pellicle on enamel erosion. *Caries Res.* 1991;25(1):1-6.
77. Eisenburger M, Hughes J, West N, Shellis R, Addy M. The use of ultrasonication to study remineralisation of eroded enamel. *Caries Res.* 2001;35(1):61-6.
78. Lussi A, Hellwig E. Erosive potential of oral care products. *Caries Res.* 2001;35 Suppl 1:52-6.
79. Kinney J, Balooch M, Haupt Jr D, Marshall S, Marshall Jr G. Mineral distribution and dimensional changes in human dentin during demineralization. *J Dent Res.* 1995;74(5):1179-84.
80. Imfeld T. Prevention of progression of dental erosion by professional and individual prophylactic measures. *Eur J Oral Sci.* 1996;104(2 (Pt 2)):215-20.
81. Johansson AK. On dental erosion and associated factors. *Swed Dent J Suppl.* 2002(156):1-77.
82. Almeida e Silva JS, Baratieri LN, Araujo E, Widmer N. Dental erosion: understanding this pervasive condition. *J Esthet Restor Dent.* 2011;23(4):205-16.
83. Civelek A, Özel E. Dental erozyon ve ayırıcı tanısı. *Acta Odontol Turci.* 2005;22(1):69.
84. Barron RP, Carmichael RP, Marcon MA, Sandor GK. Dental erosion in gastroesophageal reflux disease. *J Can Dent Assoc.* 2003;69(2):84-9.

85. Lussi A, Hellwig E, Zero D, Jaeggi T. Erosive tooth wear: diagnosis, risk factors and prevention. *Am J Dent*. 2006;19(6):319-25.
86. Serra MC, Messias DC, Turssi CP. Control of erosive tooth wear: possibilities and rationale. *Braz Oral Res*. 2009;23 Suppl 1:49-55.
87. Bardsley PF. The evolution of tooth wear indices. *Clin Oral Investig*. 2008;12 Suppl 1:S15-9.
88. Bartlett D, Ganss C, Lussi A. Basic Erosive Wear Examination (BEWE): a new scoring system for scientific and clinical needs. *Clin Oral Investig*. 2008;12 Suppl 1:S65-8.
89. Berg-Beckhoff G, Kutschmann M, Bardehle D. Methodological considerations concerning the development of oral dental erosion indexes: literature survey, validity and reliability. *Clin Oral Investig*. 2008;12 Suppl 1:S51-8.
90. Young A, Amaechi BT, Dugmore C, Holbrook P, Nunn J, Schiffner U, et al. Current erosion indices—flawed or valid? Summary. *Clin Oral Investig*. 2008;12(1):59-63.
91. Smith BG, Knight JK. An index for measuring the wear of teeth. *Br Dent J*. 1984;156(12):435-8.
92. Downer MC. Children's dental health: the 1993 survey. *Community Dent Health*. 1995;12(1):1-2.
93. Johansson AK, Johansson A, Birkhed D, Omar R, Baghdadi S, Carlsson GE. Dental erosion, soft-drink intake, and oral health in young Saudi men, and the development of a system for assessing erosive anterior tooth wear. *Acta Odontol Scand*. 1996;54(6):369-78.
94. Lussi A, Hellwig E. Risk assessment and preventive measures. *Monogr Oral Sci*. 2006;20:190-9.
95. Venkateswarlu P. Evaluation of analytical methods for fluorine in biological and related materials. *J Dent Res*. 1990;69
96. Tosun G. APF jel ve APF köpük ile topikal florid uygulamasının tükürük ve idrar flor düzeyleri üzerine etkisinin araştırılması: Selçuk Üni Sağ Bil Ens. ; 2002.

97. Yırcalı A, Bayırlı G. Türkiye’de Diş Çürüklerini İstatistik Olarak İnceleyen Araştırmalara Genel Bakış. *Istanbul Üni Diş Hek Fak Derg.* 1986;20(1234):167-83.
98. Sjogren K. How to improve oral fluoride retention? *Caries Res.* 2001;35 Suppl 1:14-7.
99. Bartlett DW, Smith BG, Wilson RF. Comparison of the effect of fluoride and non-fluoride toothpaste on tooth wear in vitro and the influence of enamel fluoride concentration and hardness of enamel. *Br Dent J.* 1994;176(9):346-8.
100. Chersoni S, Bertacci A, Pashley DH, Tay FR, Montebugnoli L, Prati C. In vivo effects of fluoride on enamel permeability. *Clin Oral Investig.* 2011;15(4):443-9.
101. Wiegand A, Attin T. Influence of fluoride on the prevention of erosive lesions-- a review. *Oral Health Prev Dent.* 2003;1(4):245-53.
102. Yu H, Attin T, Wiegand A, Buchalla W. Effects of various fluoride solutions on enamel erosion in vitro. *Caries Res.* 2010;44(4):390-401.
103. Magalhaes AC, Stancari FH, Rios D, Buzalaf MA. Effect of an experimental 4% titanium tetrafluoride varnish on dental erosion by a soft drink. *J Dent.* 2007;35(11):858-61.
104. Schlueter N, Duran A, Klimek J, Ganss C. Investigation of the effect of various fluoride compounds and preparations thereof on erosive tissue loss in enamel in vitro. *Caries Res.* 2009;43(1):10-6.
105. Ganss C, Klimek J, Schaffer U, Spall T. Effectiveness of two fluoridation measures on erosion progression in human enamel and dentine in vitro. *Caries Res.* 2001;35(5):325-30.
106. Larsen MJ, Richards A. Fluoride is unable to reduce dental erosion from soft drinks. *Caries Res.* 2002;36(1):75-80.
107. Coluzzi DJ. Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dent Clin North Am.* 2004;48(4):751-70.

108. Dederich DN, Bushick RD. Lasers in dentistry: separating science from hype. *J Am Dent Assoc.* 2004;135(2):204-12.
109. Lussi A, Hellwig E. Performance of a new laser fluorescence device for the detection of occlusal caries in vitro. *J Dent.* 2006;34(7):467-71.
110. Vlacic J, Meyers IA, Walsh LJ. Laser-activated fluoride treatment of enamel as prevention against erosion. *Aust Dent J.* 2007;52(3):175-80.
111. de-Melo MA, Passos VF, Alves JJ, Barros EB, Santiago SL, Rodrigues LK. The effect of diode laser irradiation on dentin as a preventive measure against dental erosion: an in vitro study. *Lasers Med Sci.* 2011;26(5):615-21.
112. González-Rodríguez A, de Dios López-González J, Del Castillo JdDL, Villalba-Moreno J. Comparison of effects of diode laser and CO₂ laser on human teeth and their usefulness in topical fluoridation. *Lasers Med Sci.* 2011;26(3):317-24.
113. Villalba-Moreno J, González-Rodríguez A, de Dios López-González J, Bolaños-Carmona MV, Pedraza-Muriel V. Increased fluoride uptake in human dental specimens treated with diode laser. *Lasers Med Sci.* 2007;22(3):137-42.
114. Azarpazhooh A, Limeback H. Clinical efficacy of casein derivatives: a systematic review of the literature. *J Am Dent Assoc.* 2008;139(7):915-24.
115. Çetin B, Avşar A, Ulusoy AT. Kazein içerikli besinler ve dental ürünler. *Atatürk Üni Diş Hek Fak Derg.* 2011;2011(4).
116. Aimutis WR. Bioactive properties of milk proteins with particular focus on anticariogenesis. *J Nutr.* 2004;134(4):989S-95S.
117. Cross KJ, Huq NL, Palamara JE, Perich JW, Reynolds EC. Physicochemical characterization of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate nanocomplexes. *J Biol Chem.* 2005;280(15):15362-9.
118. Reynolds EC. Anticariogenic complexes of amorphous calcium phosphate stabilized by casein phosphopeptides: a review. *Spec Care Dentist.* 1998;18(1):8-16.

119. Srinivasan N, Kavitha M, Loganathan S. Comparison of the remineralization potential of CPP-ACP and CPP-ACP with 900ppm fluoride on eroded human enamel: An in situ study. *Arch Oral Biol.* 2010;55(7):541-4.
120. Mathias J, Kavitha S, Mahalaxmi S. A comparison of surface roughness after micro abrasion of enamel with and without using CPP-ACP: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2009;12(1):22.
121. Ranjitkar S, Narayana T, Kaidonis J, Hughes T, Richards L, Townsend G. The effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate on erosive dentine wear. *Aust Dent J.* 2009;54(2):101-7.
122. Panich M, Poolthong S. The effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate and a cola soft drink on in vitro enamel hardness. *J Am Dent Assoc.* 2009;140(4):455-60.
123. Kallayathi U, Panich M, Poolthong S. Preventive effect of CPP-ACP paste on enamel erosion in vitro. *Dent Mater.* 2010;26(2):e135-e6.
124. Vongsawan K, Surarit R, Rirattanapong P. The effects of high calcium milk and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate on enamel erosion caused by cholinated water. *Southeast Asian J Trop Med Public Health.* 2010;41(6):1494.
125. Lippert F. An introduction to toothpaste-its purpose, history and ingredients. *Toothpastes Monogr Oral Sci.*; 2013. p. 1-14.
126. Lynch R, Smith S. Remineralization agents-new and effective or just marketing hype? *Adv Dent Res.* 2012;24(2):63-7.
127. Min JH, Kwon HK, Kim BI. Prevention of dental erosion of a sports drink by nano-sized hydroxyapatite in situ study. *Int J Pediatr Dent.* 2015;25(1):61-9.
128. Amaechi BT, van Loveren C. Fluorides and non-fluoride remineralization systems. *Toothpastes Monogr Oral Sci.*; 2013. p. 15-26.
129. Najibfard K, Ramalingam K, Chedjieu I, Amaechi B. Remineralization of early caries by a nano-hydroxyapatite dentifrice. *J Clin Dent.* 2011;22(5):139.

130. Low SB, Allen EP, Kontogiorgos ED. Reduction in Dental Hypersensitivity with Nano-Hydroxyapatite, Potassium Nitrate, Sodium Monofluorophosphate and Antioxidants. *Open Dent J.* 2015(9):92.
131. Vano M, Derchi G, Barone A, Covani U. Effectiveness of nano-hydroxyapatite toothpaste in reducing dentin hypersensitivity: a double-blind randomized controlled trial. *Quintessence Int.* 2014;45(8).
132. Savaş S, Küçükylmaz E. Diş Hekimliğinde Kullanılan Remineralizasyon Ajanları ve Çürük Önleyici Ajanlar. *Atatürk Üni Diş Hek Fak Derg.* 2014;24.
133. Magalhães AC, Rios D, Honório HM, Delbem ACB, Buzalaf MAR. Effect of 4% titanium tetrafluoride solution on the erosion of permanent and deciduous human enamel: an in situ/ex vivo study. *J App Oral Sci.* 2009;17(1):56-60.
134. Li L, Pan H, Tao J, Xu X, Mao C, Gu X, et al. Repair of enamel by using hydroxyapatite nanoparticles as the building blocks. *J Mater Chem.* 2008;18(34):4079-84.
135. Onuma K, Yamagishi K, Oyane A. Nucleation and growth of hydroxyapatite nanocrystals for nondestructive repair of early caries lesions. *J Cryst Growth.* 2005;282(1):199-207.
136. Grenby TH. Methods of assessing erosion and erosive potential. *Eur J Oral Sci.* 1996;104(2):207-14.
137. Attin T. Methods for assessment of dental erosion. *Dental Erosion Monogr Oral Sci.* ; 2006. p. 152-72.
138. Attin T, Becker K, Hannig C, Buchalla W, Wiegand A. Suitability of a malachite green procedure to detect minimal amounts of phosphate dissolved in acidic solutions. *Clin Oral Invest.* 2005;9(3):203-7.
139. Attin T, Koidl U, Buchalla W, Schaller H, Kielbassa A, Hellwig E. Correlation of microhardness and wear in differently eroded bovine dental enamel. *Arch Oral Biol.* 1997;42(3):243-50.

140. Schlüter N, Hara A, Shellis R, Ganss C. Methods for the measurement and characterization of erosion in enamel and dentine. *Caries Res.* 2011;45(Suppl. 1):13-23.
141. Poskus LT, Placido E, Cardoso PEC. Influence of placement techniques on Vickers and Knoop hardness of class II composite resin restorations. *Dent Mater.* 2004;20(8):726-32.
142. Neves AdA, Coutinho E, Cardoso MV, Jaecques SV, Van Meerbeek B. Micro-CT based quantitative evaluation of caries excavation. *Dent Mater.* 2010;26(6):579-88.
143. Duschner H, Sønju-Clasen B, Øgaard B, editors. Detection of early caries by confocal laser scanning microscopy. *Early Detection of Dental Caries: Proceedings of the First Annual Indiana Conference, Indiana School Dent., Indianapolis; 1996.*
144. Duschner H, Götz H, Walker R, Lussi A. Erosion of dental enamel visualized by confocal laser scanning microscopy. *Tooth Wear and Sensitivity London, Martin Dunitz.* 2000:67-73.
145. Zentner A, Duschner H. Structural changes of acid etched enamel examined under confocal laser scanning microscope. *Journal of orofacial orthopedics= Fortschritte der Kieferorthopädie: J Deut Gesel Kiefer.* 1996;57(4):202-9.
146. Barbour M, Rees J. The laboratory assessment of enamel erosion: a review. *J Dent.* 2004;32(8):591-602.
147. Balooch M, Wu-Magidi I, Balazs A, Lundkvist A, Marshall S, Marshall G, et al. Viscoelastic properties of demineralized human dentin measured in water with atomic force microscope (AFM)-based indentation. *J Biol Mater Res.* 1998;40(4):539-44.
148. Dogan A, Ozcelik S, Dogan OM, Hubbezoglu I, Cakmak M, Bolayir G. Effect of bleaching on roughness of dental composite resins. *J Adhes.* 2008;84(11):897-914.

149. Arnold W, Cerman M, Neuhaus K, Gaengler P. Volumetric assessment and quantitative element analysis of the effect of fluoridated milk on enamel demineralization. *Arch Oral Biol.* 2003;48(6):467-73.
150. Love G, Scott V. Electron probe microanalysis using soft X-rays—a review. Part 1: Instrumentation, spectrum processing and detection sensitivity. *J Microsc.* 2001;201(1):1-32.
151. Lussi A, Jaeggi T. Dental erosion in children. *Dental Erosion Monogr Oral Sci.;* 2006. p. 140-51.
152. Almeida e Silva JS, Baratieri LN, Araujo E, Widmer N. Dental erosion: understanding this pervasive condition. *J Esthet Restor Dent.* 2011;23(4):205-16.
153. Gandara BK, MSD, Edmond L Truelove M. Diagnosis and management of dental erosion. *J Contemp Dent Pract.* 1999;1(1):1-17.
154. Lussi A. Dental erosion—novel remineralizing agents in prevention or repair. *Adv Dent Res.* 2009;21(1):13-6.
155. Murakami C, Bönecker M, Corrêa MSNP, Mendes FM, Rodrigues CRMD. Effect of fluoride varnish and gel on dental erosion in primary and permanent teeth. *Arch Oral Biol.* 2009;54(11):997-1001.
156. Costenoble A, Vennat E, Attal J-P, Dursun E. Bond strength and interfacial morphology of orthodontic brackets bonded to eroded enamel treated with calcium silicate–sodium phosphate salts or resin infiltration. *Angle Orthod.* 2016;86(6):909-16.
157. West N, Davies M, Amaechi B. In vitro and in situ erosion models for evaluating tooth substance loss. *Caries Res.* 2011;45(Suppl. 1):43-52.
158. Yassen GH, Platt JA, Hara AT. Bovine teeth as substitute for human teeth in dental research: a review of literature. *J Oral Sci.* 2011;53(3):273-82.
159. Adolfsson U, Larsson E, Ögaard B. Bond failure of a no-mix adhesive during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;122(3):277-81.

160. de Freitas PM, Rapozo-Hilo M, Eduardo CdP, Featherstone JD. In vitro evaluation of erbium, chromium: yttrium–scandium–gallium–garnet laser-treated enamel demineralization. *Lasers Med Sci.* 2010;25(2):165-70.
161. Freitas PMd, Soares-Geraldo D, Biella-Silva AC, Silva AV, Silveira BLd, Eduardo CdP. Intrapulpal temperature variation during Er, Cr: YSGG enamel irradiation on carries prevention. *J Appl Oral Sci.* 2008;16(2):95-9.
162. Shellis R, Ganss C, Ren Y, Zero D, Lussi A. Methodology and models in erosion research: discussion and conclusions. *Caries Res.* 2011;45(Suppl. 1):69-77.
163. ISO I. TS 11405: Dental materials testing of adhesion to tooth structure. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization ISO Central Secretariat. 2003.
164. Arnold WH, Dorow A, Langenhorst S, Gintner Z, Bánóczy J, Gaengler P. Effect of fluoride toothpastes on enamel demineralization. *BMC Oral Health.* 2006;6(1):8.
165. Güzey A. Ortodontik braketlerin yapıştırılmasında kullanılan farzlı adeziv sistemlerin mine dokusu üzerindeki etkilerinin in vitro olarak incelenmesi, Doktora Tezi. Başkent Üni Sağ Bil Ens. 2009.
166. Millward A, Shaw L, Harrington E, Smith A. Continuous monitoring of salivary flow rate and pH at the surface of the dentition following consumption of acidic beverages. *Caries Res.* 1997;31(1):44-9.
167. Addy M, Shellis R. Interaction between attrition, abrasion and erosion in tooth wear. *Dental Erosion. Monogr Ora Sci. ;* 2006. p. 17-31.
168. Magalhães A, Moraes S, Rios D, Buzalaf M. Effect of ion supplementation of a commercial soft drink on tooth enamel erosion. *Food Addit Contam.* 2009;26(2):152-6.
169. von Fraunhofer JA, Rogers MM. Dissolution of dental enamel in soft drinks. *Gen Dent.* 2004;52(4):308-12.
170. Zero DT, Lussi A. Etiology of enamel erosion: intrinsic and extrinsic factors. *Tooth wear and sensitivity.* 2000:121-39.

171. Meurman JH, Harkönen M, Naveri H, Koskinen J, Torkko H, Rytömaa I, et al. Experimental sports drinks with minimal dental erosion effect. *Eur J Oral Sci.* 1990;98(2):120-8.
172. West N, Hughes J, Addy M. The effect of pH on the erosion of dentine and enamel by dietary acids in vitro. *J Oral Rehabil.* 2001;28(9):860-4.
173. Young A, Tenuta L. Initial erosion models. *Caries Res.* 2011;45(Suppl. 1):33-42.
174. Sobral MAP, Lachowski KM, de Rossi W, Braga SRM, Ramalho KM. Effect of Nd: YAG laser and acidulated phosphate fluoride on bovine and human enamel submitted to erosion/abrasion or erosion only: an in vitro preliminary study. *Photomed Laser Surg.* 2009;27(5):709-13.
175. Ganss C, Lussi A, Grunau O, Klimek J, Schlüter N. Conventional and anti-erosion fluoride toothpastes: effect on enamel erosion and erosion-abrasion. *Caries Res.* 2011;45(6):581-9.
176. Attin T, Meyer K, Hellwig E, Buchalla W, Lennon A. Effect of mineral supplements to citric acid on enamel erosion. *Arch Oral Biol.* 2003;48(11):753-9.
177. Wiegand A, Bichsel D, Magalhães AC, Becker K, Attin T. Effect of sodium, amine and stannous fluoride at the same concentration and different pH on in vitro erosion. *J Dent.* 2009;37(8):591-5.
178. Lee VA, Karthikeyan R, Rawls HR, Amaechi BT. Anti-cariogenic effect of a cetylpyridinium chloride-containing nanoemulsion. *J Dent.* 2010;38(9):742-9.
179. Hystad Hove L, Refsholt Stenhagen K, Mulic A, Holme B, Tveit AB. May caries-preventive fluoride regimes have an effect on dental erosive wear? An in situ study. *Acta Odontol Scand.* 2015;73(2):114-20.
180. Schlüter N, Klimek J, Ganss C. Randomised in situ study on the efficacy of a tin/chitosan toothpaste on erosive-abrasive enamel loss. *Caries Res.* 2013;47(6):574-81.

181. Ren Y-F, Liu X, Fadel N, Malmstrom H, Barnes V, Xu T. Preventive effects of dentifrice containing 5000 ppm fluoride against dental erosion in situ. *J Dent.* 2011;39(10):672-8.
182. Hooper S, Seong J, Macdonald E, Claydon N, Hellin N, Barker ML, et al. A randomised in situ trial, measuring the anti-erosive properties of a stannous-containing sodium fluoride dentifrice compared with a sodium fluoride/potassium nitrate dentifrice. *Int Dent J.* 2014;64(s1):35-42.
183. Ferreira MC, Ramos-Jorge ML, Delbem ACB, de Sousa Vieirac R. Effect of Toothpastes with different abrasives on eroded human enamel: An in situ/ex vivo Study. *Open Dent J.* 2013;7:132.
184. Jager D, Vissink A, Timmer C, Bronkhorst E, Vieira A, Huysmans M. Reduction of erosion by protein-containing toothpastes. *Caries Res.* 2013;47(2):135-40.
185. Wetton S, Hughes J, Newcombe RG, Addy M. The effect of saliva derived from different individuals on the erosion of enamel and dentine. *Caries Res.* 2007;41(5):423-6.
186. Wiegand A, Attin T. Influence of fluoride on the prevention of erosive lesions-- a review. *Oral Dent.* 2003;1(4).
187. Wiegand A, Attin T. Design of erosion/abrasion studies--insights and rational concepts. *Caries Res.* 2011;45(Suppl. 1):53-9.
188. Magalhães AC, Rios D, Machado MADAM, Da Silva SMBc, Lizarelli RDFtZ, Bagnato VS, et al. Effect of Nd: YAG irradiation and fluoride application on dentine resistance to erosion in vitro. *Photomed Laser Surg.* 2008;26(6):559-63.
189. Goswami M, Saha S, Chaitra T. Latest developments in non-fluoridated remineralizing technologies. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2012;30(1):2.
190. Ismail AI, Bandekar RR. Fluoride supplements and fluorosis: a meta-analysis. *Community Dent Oral Epidemio.* 1999;27(1):48-56.
191. Horowitz H. The future of water fluoridation and other systemic fluorides. *J Dent Res.* 1990;69(2_suppl):760-4.

192. Koulourides T, Cueto H, Pigman W. Rehardening of softened enamel surfaces of human teeth by solutions of calcium phosphates. *Nature*. 1961;189(4760):226.
193. Arends J, Christoffersen J. Invited review article: the nature of early caries lesions in enamel. *J Dent Res*. 1986;65(1):2-11.
194. Linton JL. Quantitative measurements of remineralization of incipient caries. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1996;110(6):590-7.
195. Willmot D. White lesions after orthodontic treatment: does low fluoride make a difference? *J Orthod*. 2004;31(3):235-42.
196. Donly KJ, Sasa IS, editors. Potential remineralization of postorthodontic demineralized enamel and the use of enamel microabrasion and bleaching for esthetics. *Semin Orthod*; 2008;14(3):220-225
197. Ana P, Bachmann L, Zezell D. Lasers effects on enamel for caries prevention. *Laser Physics*. 2006;16(5):865.
198. Fried D, Glana RE, Featherstone JD, Seka W. Permanent and transient changes in the reflectance of CO₂ laser-irradiated dental hard tissues at $\lambda = 9.3, 9.6, 10.3,$ and $10.6 \mu\text{m}$ and at fluences of 1–20 J/cm². *Lasers Surge and Med*. 1997;20(1):22-31.
199. Tepper S, Zehnder M, Pajarola G, Schmidlin P. Increased fluoride uptake and acid resistance by CO₂ laser-irradiation through topically applied fluoride on human enamel in vitro. *J Dent*. 2004;32(8):635-41.
200. Oho T, Morioka T. A possible mechanism of acquired acid resistance of human dental enamel by laser irradiation. *Caries Res*. 1990;24(2):86-92.
201. Bishara SE, Ostby AW, editors. White spot lesions: formation, prevention, and treatment. *Semin Orthod*; 2008;14(3):174-182
202. Özdağ DÖ. Güncelleme; Çocuk diş hekimliğinde koruyucu uygulamalar. *Selcuk Dent J*. 2014;1(2):84-91.
203. Reynolds EC, Riley PF, Adamson NJ. A selective precipitation purification procedure for multiple phosphoserine-containing peptides and methods for their identification. *Anal Biochem*. 1994;217(2):277-84.

204. Çelik E, Yazkan B, Katırcı G. Başlangıç çürük lezyonlarının tedavisi. Atatürk Üni Diş Hek Fak Derg. 2011;21:48-56.
205. Mensinkai PK, Ccahuana-Vasquez RA, Chedjieu I, Amaechi BT, Mackey AC, Walker TJ, et al. In situ remineralization of white-spot enamel lesions by 500 and 1,100 ppm F dentifrices. Clin Oral Investig. 2012;16(4):1007-14.
206. Somasundaram P, Vimala N, Mandke LG. Protective potential of casein phosphopeptide amorphous calcium phosphate containing paste on enamel surfaces. J Conserv Dent.: JCD. 2013;16(2):152.
207. Kumar V, Itthagarun A, King N. The effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate on remineralization of artificial caries-like lesions: An in vitro study. Aust Dent J. 2008;53(1):34-40.
208. Vashisht R, Kumar A, Indira R, Srinivasan M, Ramachandran S. Remineralization of early enamel lesions using casein phosphopeptide amorphous calcium Phosphate: An ex-vivo study. Contemp Clin Dent. 2010;1(4):210.
209. Srinivasan N, Kavitha M, Loganathan S. Comparison of the remineralization potential of CPP-ACP and CPP-ACP with 900 ppm fluoride on eroded human enamel: an in situ study. Arch Oral Biol. 2010;55(7):541-4.
210. Patil N, Choudhari S, Kulkarni S, Joshi SR. Comparative evaluation of remineralizing potential of three agents on artificially demineralized human enamel: An in vitro study. J Conserv Dent.: JCD. 2013;16(2):116.
211. Lv KL, Zhang JX, Meng XC, Li XY, editors. Remineralization effect of the nano-HA toothpaste on artificial caries. Trans Tech Publ.; 2007:267-270
212. Esteves-Oliveira M, Santos N, Meyer-Lückel H, Wierichs R, Rodrigues J. Caries-preventive effect of anti-erosive and nano-hydroxyapatite-containing toothpastes in vitro. Clin Oral Investig. 2017;21(1):291-300.
213. Roveri N, Foresti E, Lelli M, Lesci IG. Recent advancements in preventing teeth health hazard: the daily use of hydroxyapatite instead of fluoride. Recent Pat Biomed Eng. 2009;2(3):197-215.

214. Chiu C-Y, Ruan L, Huang Y. Biomolecular specificity controlled nanomaterial synthesis. *Chem Soc Rev.* 2013;42(7):2512-27.
215. Roveri N, Battistella E, Bianchi CL, Foltran I, Foresti E, Iafisco M, et al. Surface enamel remineralization: biomimetic apatite nanocrystals and fluoride ions different effects. *J Nanomater.* 2009;2009:8.
216. Huang S, Gao S, Cheng L, Yu H. Remineralization potential of nano-hydroxyapatite on initial enamel lesions: an in vitro study. *Caries Res.* 2011;45(5):460-8.
217. Yamazaki H, Margolis H. Enhanced enamel remineralization under acidic conditions in vitro. *J Dent Res.* 2008;87(6):569-74.
218. Yamagishi K, Onuma K, Suzuki T, Okada F, Tagami J, Otsuki M, et al. Materials chemistry: a synthetic enamel for rapid tooth repair. *Nature.* 2005;433(7028):819.
219. Colombo M, Beltrami R, Rattalino D, Mirando M, Chiesa M, Poggio C. Protective effects of a zinc-hydroxyapatite toothpaste on enamel erosion: SEM study. *An Stomatol.* 2016;7(3):38.
220. Proffit W. Orthodontic diagnosis: the development of a problem list. *Contemp Orthod.* 1999:147-95.
221. P. B. Contemporary composite materials. Plovdiv, BG: Academica PH 1994.
222. Canay Ş, Kocadereli İI, Akça E. The effect of enamel air abrasion on the retention of bonded metallic orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;117(1):15-9.
223. Bishara SE, Oonsombat C, Soliman MM, Ajlouni R, Laffoon JF. The effect of tooth bleaching on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005;128(6):755-60.
224. Miles PG, Pontier J-P, Bahiraei D, Close J. The effect of carbamide peroxide bleach on the tensile bond strength of ceramic brackets: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994;106(4):371-5.

225. Oesterle LJ, Newman SM, Shellhart WC. Comparative bond strength of brackets cured using a pulsed xenon curing light with 2 different light-guide sizes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;122(3):242-50.
226. Oesterle LJ, Shellhart WC, Fisher A. Effect of primer pre-curing on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;126(6):699-702.
227. Oesterle LJ, Shellhart WC, Belanger GK. The use of bovine enamel in bonding studies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;114(5):514-9.
228. Arnold RW, Combe EC, Warford JH. Bonding of stainless steel brackets to enamel with a new self-etching primer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;122(3):274-6.
229. Chung C-H, Friedman SD, Mante FK. Shear bond strength of rebonded mechanically retentive ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;122(3):282-7.
230. Cozza P, Martucci L, De Toffol L, Penco SI. Shear bond strength of metal brackets on enamel. *Angle Orthod.* 2006;76(5):851-6.
231. Klocke A, Kahl-Nieke B. Effect of debonding force direction on orthodontic shear bond strength. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129(2):261-5.
232. Schanefeldt S, Foley TF. Bond strength comparison of moisture-insensitive primers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;122(3):267-73.
233. Verstryngne A, Willems G, Ghesquiere A. Clinical comparison of an adhesive pre-coated vs. an uncoated ceramic bracket system. *Orthodontics & craniofacial Res.* 2004;7(1):15-20.
234. Singh G. *Textbook of orthodontics*: JP Medical Ltd; 2015.
235. Tosun Y. *Sabit ortodontik apareylerin biyomekanik prensipleri*. İzmir: Ege Üni Basımevi. 1999:6-7.
236. Ülgen M. *Ortodontik tedavi prensipleri*: İstanbul Üni Diş Hek Fak Derg.; 1993.

237. Arici S, Caniklioglu CM, Arici N, Ozer M, Oguz B. Adhesive thickness effects on the bond strength of a light-cured resin-modified glass ionomer cement. *Angle Orthod.* 2005;75(2):254-9.
238. Bulut H, Türkün M, Türkün LŞ, Işıksal E. Evaluation of the shear bond strength of 3 curing bracket bonding systems combined with an antibacterial adhesive. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;132(1):77-83.
239. Soderquist SA, Drummond JL, Evans CA. Bond strength evaluation of ceramic and stainless steel bracket bases subjected to cyclic tensile loading. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129(2):175. e7-. e12.
240. Dunn WJ, Taloumis LJ. Polymerization of orthodontic resin cement with light-emitting diode curing units. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;122(3):236-41.
241. Swanson T, Dunn WJ, Childers DE, Taloumis LJ. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with light-emitting diode curing units at various polymerization times. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;125(3):337-41.
242. Zachrisson YØ, Zachrisson BU, Büyükyılmaz T. Surface preparation for orthodontic bonding to porcelain. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996;109(4):420-30.
243. Kern M, Fechtig T, Strub JR. Influence of water storage and thermal cycling on the fracture strength of all-porcelain, resin-bonded fixed partial dentures. *J Prosthet Dent.* 1994;71(3):251-6.
244. Eustaquio R, Garner LD, Moore BK. Comparative tensile strengths of brackets bonded to porcelain with orthodontic adhesive and porcelain repair systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988;94(5):421-5.
245. Ba BB. Factors affecting the shear bond strength of orthodontic brackets to porcelain. *British J Orthod.* 1999;26:285-90.
246. Thurmond JW, Barkmeier WW, Wilwerding TM. Effect of porcelain surface treatments on bond strengths of composite resin bonded to porcelain. *J Prosthet Dent* 1994;72(4):355-9.

247. Gillis I, Redlich M. The effect of different porcelain conditioning techniques on shear bond strength of stainless steel brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;114(4):387-92.
248. Nebbe B, Stein E. Orthodontic brackets bonded to glazed and deglazed porcelain surfaces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996;109(4):431-6.
249. Cochran D, O'Keefe KL, Turner DT, Powers JM. Bond strength of orthodontic composite cement to treated porcelain. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;111(3):297-300.
250. Kocadereli I, Canay Ş, Akça K. Tensile bond strength of ceramic orthodontic brackets bonded to porcelain surfaces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;119(6):617-20.
251. Aida M, Hayakawa T, Mizukawa K. Adhesion of composite to porcelain with various surface conditions. *J Prosthet Dent.* 1995;73(5):464-70.
252. Bishara SE, Soliman M, Laffoon J, Warren JJ. Effect of changing a test parameter on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod.* 2005;75(5):832-5.
253. Powers JM, Kim HB, Turner DS, editors. Orthodontic adhesives and bond strength testing. *Semin Orthod;* 1997;3(3): 147-156.
254. Barbosa VLT, Almeida MA, Chevitarese O, Keith O. Direct bonding to porcelain. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995;107(2):159-64.
255. Winchester L. Direct orthodontic bonding to porcelain: an in vitro study. *British J Orthod.* 1991;18(4):299-308.
256. Boyer D, Chan KC, Reinhardt J. Build-up and repair of light-cured composites: bond strength. *J Dent Res.* 1984;63(10):1241-4.
257. Kao E, Eliades T, Rezvan E, Johnston W. Torsional bond strength and failure pattern of ceramic brackets bonded to composite resin laminate veneers. *J Orthod.* 1995;17(6):533-40.
258. Eliades T, Brantley W. The inappropriateness of conventional orthodontic bond strength assessment protocols. *J Orthod.* 2000;22(1):13-23.

259. Reynolds I. A review of direct orthodontic bonding. *British J Orthod.* 1975;2(3):171-8.
260. Craig R. Applied surface phenomena. *Rest Dent Mater.* : 2002:19-37.
261. Opinya G, Pameijer C. Tensile bond strength of fluorosed Kenyan teeth using the acid etch technique. *Int Dent J.* 1986;36(4):225-9.
262. Hirce JD, Sather AH, Chao EY. The effect of topical fluorides, after acid etching of enamel, on the bond strength of directly bonded orthodontic brackets. *Am J Orthod.* 1980;78(4):444-52.
263. Hicks J, Garcia-Godoy F, Flaitz C. Biological factors in dental caries: role of remineralization and fluoride in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 3). *J Clin Pediatr Dent.* 2004;28(3):203-14.
264. Kimura T, Dunn WJ, Taloumis LJ. Effect of fluoride varnish on the in vitro bond strength of orthodontic brackets using a self-etching primer system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;125(3):351-6.
265. Damon PL, Bishara SE, Olsen ME, Jakobsen JR. Effects of fluoride application on shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod.* 1996;66(1):61-4.
266. Santaella M, Braun A, Matson E, Frentzen M. Effect of diode laser and fluoride varnish on initial surface demineralization of primary dentition enamel: an in vitro study. *Int J Pediatr Dent.* 2004;14(3):199-203.
267. Chin-Ying SH, Xiaoli G, Jisheng P, Wefel JS. Effects of CO2 laser on fluoride uptake in enamel. *J Dent.* 2004;32(2):161-7.
268. Zhang C, Kimura Y, Matsumoto K. The effects of pulsed Nd: YAG laser irradiation with fluoride on root surface. *J Clin Laser Med & Surg.* 1996;14(6):399-403.
269. Keçik D, Cehreli SB, Şar Ç, Ünver B. Effect of acidulated phosphate fluoride and casein phosphopeptide–amorphous calcium phosphate application on shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod.* 2008;78(1):129-33.
270. Reynolds E, Johnson I. Effect of milk on caries incidence and bacterial composition of dental plaque in the rat. *Arch Oral Biol.* 1981;26(5):445-51.

271. Rosen S, Min D, Harper D, Harper W, Beck E, Beck F. Effect of cheese, with and without sucrose, on dental caries and recovery of *Streptococcus mutans* in rats. *J Dent Res.* 1984;63(6):894-6.
272. Harper D, Osborn J, Hefferren J, Clayton R. Cariostatic evaluation of cheeses with diverse physical and compositional characteristics. *Caries Res.* 1986;20(2):123-30.
273. Reynolds E. Remineralization of enamel subsurface lesions by casein phosphopeptide-stabilized calcium phosphate solutions. *J Dent Res.* 1997;76(9):1587-95.
274. Oshiro M, Yamaguchi K, Takamizawa T, Inage H, Watanabe T, Irokawa A, et al. Effect of CPP-ACP paste on tooth mineralization: an FE-SEM study. *J Oral Sci.* 2007;49(2):115-20.
275. Dunn WJ. Shear bond strength of an amorphous calcium-phosphate-containing orthodontic resin cement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131(2):243-7.
276. Xiaojun D, Jing L, Xuehua G, Hong R, Youcheng Y, Zhangyu G, et al. Effects of CPP-ACP paste on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod.* 2009;79(5):945-50.
277. Al-Kawari HM, Al-Jobair AM. Effect of different preventive agents on bracket shear bond strength: in vitro study. *BMC Oral Health.* 2014;14(1):28.
278. Tabrizi A, Cakirer B. A comparative evaluation of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate and fluoride on the shear bond strength of orthodontic brackets. *J Orthod.* 2010;33(3):282-7.
279. Cossellu G, Lanteri V, Butera A, Sarcina M, Farronato G. Effects of six different preventive treatments on the shear bond strength of orthodontic brackets: in vitro study. *Acta Biomater Odontol Scand.* 2015;1(1):13-7.
280. Akhavan A, Sodagar A, Mojtahedzadeh F, Sodagar K. Investigating the effect of incorporating nanosilver/nanohydroxyapatite particles on the shear bond strength of orthodontic adhesives. *Acta Odontol Scand.* 2013;71(5):1038-42.

281. Sakoolnamarka R, Burrow M, Kubo S, Tyas M. Morphological study of demineralized dentine after caries removal using two different methods. *Aust Dent J.* 2002;47(2):116-22.
282. Huang S, Gao S, Yu H. Effect of nano-hydroxyapatite concentration on remineralization of initial enamel lesion in vitro. *Biomed Mater.* 2009;4(3):034104.
283. Nakashima S, Yoshie M, Sano H, Bahar A. Effect of a test dentifrice containing nano-sized calcium carbonate on remineralization of enamel lesions in vitro. *J Oral Sci.* 2009;51(1):69-77.
284. Lelli M, Putignano A, Marchetti M, Foltran I, Mangani F, Procaccini M, et al. Remineralization and repair of enamel surface by biomimetic Zn-carbonate hydroxyapatite containing toothpaste: a comparative in vivo study. *Front Physiol.* 2014;5:333.
285. Reynolds E. Calcium phosphate-based remineralization systems: scientific evidence? *Aust Dent J.* 2008;53(3):268-73.
286. Bilgin Z, Sönmez H, Özalp N. Asidik ve nötral florür uygulamalarının yapay çürük benzeri lezyonlar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi; Sem ve polarize ışık mikroskop çalışması. *Ankara Üni Diş Hek Fak Derg.* 2000; 27: 207-2
287. Kimsun S. Nano-hidroksiapatit esaslı materyalların mine remineralizasyonu üzerine etkilerinin incelenmesi, Doktora Tezi. İstanbul Üni Sağ Bil Ens. 2007.
288. Souza-Gabriel A, Colucci V, Turssi C, Serra M, Corona S. Microhardness and SEM after CO₂ laser irradiation or fluoride treatment in human and bovine enamel. *Microsc Res Tech.* 2010;73(11):1030-5.
289. Öztürk B. Nd:YAG, Er:YAG Ve CO₂ Lazer İle Pürüzlendirme Sonrası Florid Uygulamasının Süt Ve Sürekli Dişlerde Mine Erozyonunu Önlemede ve Florid Alımını Arttırmada Etkisinin İn Vitro İncelenmesi ve Yüzey Morfolojisinin SEM İle Değerlendirilmesi, Doktora Tezi. Marmara Üni Sağ Bil Ens. 2012.
290. Rošin-Grgget K, Linčir I, Tudja M. Effect of amine fluoride on enamel surface morphology. *Coll Antropol.* 2000;24(2):501-8.

291. Nassur C, Pomarico L, de Sousa VP, Cabral LM, Maia LC. Characterization of a new TiF₄ and β -cyclodextrin inclusion complex and its in vitro evaluation on inhibiting enamel demineralization. *Arch Oral Biol.* 2013;58(3):239-47.
292. Goodman B, Kaufman H. Effects of an argon laser on the crystalline properties and rate of dissolution in acid of tooth enamel in the presence of sodium fluoride. *J Dent Res.* 1977;56(10):1201-7.
293. Kukul F. Farklı Parametrelerde Er, Cr: Ysgg ve Diyot Lazer Uygulamasının Mine ve Dentin Erozyonunu Önleme Üzerine Etkisinin in Vitro Olarak incelenmesi, Doktora Tezi. Hacettepe Üni Sağ Bil Ens. 2013.
294. Tsai C-L, Lin Y-T, Huang S-T, Chang H-W. In vitro Acid Resistance of CO₂ and Nd-YAG Laser-Treated Human Tooth Enamel. *Caries Res.* 2002;36(6):423-9.
295. Esteves-Oliveira M, Apel C, Gutknecht N, Velloso W, Cotrim M, Eduardo C, et al. Low-fluence CO₂ laser irradiation decreases enamel solubility. *Laser Physics.* 2008;18(4):478-85.
296. Correa-Afonso AM, Ciconne-Nogueira JC, Pécora JD, Palma-Dibb RG. Influence of the irradiation distance and the use of cooling to increase enamel-acid resistance with Er: YAG laser. *J Dent.* 2010;38(7):534-40.
297. Magalhaes AC, Romanelli AC, Rios D, Comar LP, Navarro RS, Grizzo LT, et al. Effect of a single application of TiF₄ and NaF varnishes and solutions combined with Nd: YAG laser irradiation on enamel erosion in vitro. *Photomed Laser Surg.* 2011;29(8):537-44.
298. Gümüş H. Süt Dişi Erken Mine Lezyonlarının Tedavisinde Kullanılan Farklı Remineralizasyon Ajanlarının Etkinliklerinin Değerlendirilmesi, Doktora Tezi. Erciyes Üni Sağ Bil Ens. 2015.
299. Güneş D. Diyod Lazer ve Florun Mine Erozyonunu Önleyici Etkisinin Değerlendirilmesi, Doktora Tezi. İnönü Üni Sağ Bil Ens. 2014.
300. Keleş K. Mine Yüzeyindeki Beyaz Lezyonların “CPP-ACP” İle Remineralizasyonu Sonrası Braket Bağlanma Dayanımlarının İncelenmesi: İn Vitro Çalışma ,Doktora Tezi. Çukurova Üni Sağ Bil Ens. 2010.

301. Wegehaupt FJ, Attin T. The role of fluoride and casein phosphopeptide/amorphous calcium phosphate in the prevention of erosive/abrasive wear in an in vitro model using hydrochloric acid. *Caries Res.* 2010;44(4):358-63.
302. Ramalingam L, Messer L, Reynolds E. Adding casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate to sports drinks to eliminate in vitro erosion. *Pediatr Dent.* 2005;27(1):61-7.
303. Hemingway C, White A, Shellis R, Addy M, Parker D, Barbour M. Enamel erosion in dietary acids: inhibition by food proteins in vitro. *Caries Res.* 2010;44(6):525-30.
304. Pai D, Bhat S, Taranath A, Sargod S, Pai V. Use of laser fluorescence and scanning electron microscope to evaluate remineralization of incipient enamel lesions remineralized by topical application of casein phospho peptide amorphous calcium phosphate (CPP-aCP) containing cream. *J Clin Pediatr Dent.* 2008;32(3):201-6.
305. Zhang Q, Zou J, Yang R, Zhou X. Remineralization effects of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate crème on artificial early enamel lesions of primary teeth. *Int J Pediatr Dent.* 2011;21(5):374-81.
306. Jayarajan J, Janardhanam P, Jayakumar P. Efficacy of CPP-ACP and CPP-ACPF on enamel remineralization-An in vitro study using scanning electron microscope and DIAGNOdent®. *Indian J Dent Res.* 2011;22(1):77.
307. Park SW, Lee YK, Kim YU, Kim MC, Kim KN, Choi B, et al., editors. The effect of hydroxyapatite on the remineralization of dental fissure sealant.; *Trans Tech Publ.* 2005:35-38
308. Swarup JS, Rao A. Enamel surface remineralization: Using synthetic nanohydroxyapatite. *Contemp Clin Dent.* 2012;3(4):433.
309. Gjorgievska ES, Nicholson JW, Slipper IJ, Stevanovic MM. Remineralization of demineralized enamel by toothpastes: a scanning electron microscopy, energy dispersive X-ray analysis, and three-dimensional stereo-micrographic study. *Microsc Microanal.* 2013;19(3):587-95.

310. Amaechi BT, Mathews SM, Ramalingam K, Mensinkai PK. Evaluation of nanohydroxyapatite-containing toothpaste for occluding dentin tubules. *Am J Dent.* 2015;28(1):33-9.
311. Dündar A. Mine Yüzeyinin Farklı Rezinlerle Kaplanması ve Sitrik Asidin Flor, Nano-Hidroksiapatit ve Kazein Modifiye Edilmesi İşlemlerinin Dental Erozyonu Önlemedeki Etkinliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi. Selçuk Üni Sağ Bil Ens. 2012.



8. EK

ETİK KURUL ONAYI



T.C. Sağlık Bakanlığı

T.C.
SAĞLIK BAKANLIĞI
TÜRKİYE KAMU HASTANELERİ KURUMU
Ankara İli Kamu Hastaneleri Birliği 2 Nolu Genel Sekreterliği
Keçiören Eğitim ve Araştırma Hastanesi Baştabipliği
Klinik Araştırma Etik Kurulu

Sayı : 2012-KAEK-15/1369
Konu: Keçiören Eğitim ve Araştırma Hastanesi
Etik Kurul Kararı

08.03.2017

KEÇİÖREN EĞİTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİ KLİNİK ARAŞTIRMA ETİK KURULU

“Farklı Yöntemlerle Tedavi Edilen Erozyonlu Mine Yüzeyine Uygulanan Ortodontik Braketlerin Bağlanma Dayanımlarının Karşılaştırılması ” adlı klinik araştırma başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş, çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına ve kurulumuz kararının başvuru sahibi tarafından sağlık bakanlığına arzına gerek olmadığına toplantıya katılan Etik Kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir.

Op.Dr. Ömer Faruk TANER
Keçiören Eğitim ve Araştırma Hastanesi
Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanı

Keçiören Eğitim ve Araştırma Hastanesi
Klinik Araştırmalar Etik Kurul
Pınarbaşı Mahallesi Sanatoryum Cad.
Ardahan Sokak No:25 Keçiören / ANKARA
Web: www.akeah.gov.tr