

T.C
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PEDODONTİ ANABİLİM DALI

**ÇOCUK DİŞ MACUNLARININ POLİASİT MODİFİYE
KOMPOZİT REZİNLERİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ
ÜZERİNE ETKİSİNİN İN VİTRO OLARAK
İNCELENMESİ**

Dt. Belkıs ELÇİ

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Buse Ayşe SERİN

ADANA-2021

T.C
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PEDODONTİ ANABİLİM DALI

**ÇOCUK DİŞ MACUNLARININ POLİASİT MODİFİYE
KOMPOZİT REZİNLERİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ
ÜZERİNE ETKİSİNİN İN VİTRO OLARAK
İNCELENMESİ**

Dt. Belkıs ELÇİ

UZMANLIK TEZİ

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Buse Ayşe SERİN**

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından
TDH-2020-13002 no'lu proje olarak desteklenmiştir.

ADANA-2021

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim sürecince bilgi ve tecrübelerinden yararlanma imkânı bulduğum ve her daim güler yüzlü yaklaşımıyla yardımlarını esirgemeyen danışman hocam sayın Dr. Buse Ayşe SERİN' e,

Mesleki bilgi ve beceresi ile yol gösteren, ihtiyaç duyduğumuz her konuda yardımını esirgemeyen ve anlayış gösteren, ana bilim dalı başkanımız sayın Prof. Dr. M. Cem DOĞAN' a,

Bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşarak eğitimimde büyük emeği olan ve her konuda desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım sayın Dr. Volkan ÇİFTÇİ, Dr. İffet YAZICIOĞLU SANRI, Dr. Ceren DEVECİ, Uzm. Dt. Nida Uğuz, Dr. Nilgün ALPAY, Dr. Sibel TETİKER' e,

Birlikte çalışmaktan zevk aldığım, yardımlarını esirgemeyen asistan arkadaşlarım Dt. Lamiya MUSAYEVA, Dt. Suna MUSULLUOĞLU, Dt. Gülistan EŞİYOK, Dt. Arif BARAN, Dt. Demet Alpar KÜTÜK' e ve tüm bölüm personellerimize,

Klinikte ve klinik dışında her konuda anlayışlı ve yardımcı olan, dostluğu ile yalnız olmadığımı hissettiren çok değerli Bengül Nazlı UĞURLUTOPRAK' a,

Hayatım boyunca beni destekleyen, maddi ve manevi her konuda yardım eden ve yol gösteren, emeklerinin karşılığını asla ödeyemeyeceğim ablam Özlem AĞAR, annem Leyla ELÇİ, babam Ömer ELÇİ, kardeşim ve meslektaşım Mustafa ELÇİ' ye en derin şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
KISALTMALAR ve SİMGELER	ix
ÖZET	xi
ABSTRACT.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Diş Çürüğü.....	3
2.2. Çürük Oluşumunda Etkili Olan Faktörler.....	4
2.2.1. Konak Faktörü	4
2.2.1.1. Dişler.....	4
2.2.1.2. Tükürük.....	5
2.2.1.3. Diyet.....	6
2.2.2. Zaman	6
2.2.3. Dental Plak.....	7
2.3. Diş Çürüğünden Korunma Yöntemleri.....	8
2.3.1. Diyet Düzenlemesi.....	9
2.3.2. Florür uygulamaları	10
2.3.2.1. Sistemik Florür Uygulamaları	11
2.3.2.2. Topikal Florür Uygulamaları	11
2.3.3. Pit ve Fissür Örtücüler	12
2.3.4. Plak Kontrolü.....	12
2.3.4.1. Mekanik Plak Kontrolü.....	13
2.3.4.1.1. Diş Fırçaları	13
2.3.4.1.2. Ara yüz Temizleyicileri	16
2.3.4.2. Kimyasal Plak Kontrolü.....	17
2.3.4.2.1. Gargara ve Solüsyonlar.....	18
2.4. Diş Macunları	20
2.4.1. Diş Macununun Tanımı ve Tarihçesi.....	20

2.4.2. Diş Macunlarının İçerikleri.....	21
2.4.2.1. Mekanik Temizleyiciler (Abrazivler, Aşındırıcılar, Parlaticılar)	21
2.4.2.2. Nemlendiriciler	22
2.4.2.3. Bağlayıcı, Koyulaştırıcı veya Yoğunlaştırıcı Ajanlar	22
2.4.2.4. Yüzey Aktif Ajanlar.....	22
2.4.2.5. Tatlandırıcılar.....	23
2.4.2.6. Terapötik Ajanlar	23
2.4.2.6.1. Bakteri Çoğalmasını ve Plak Oluşumunu Önlemeye Yönelik Olan Diş Macunları	24
2.4.2.6.2. Çürük Önleyici Diş Macunları.....	24
2.4.2.6.3. Diş Taşı Oluşumunu Önlemeye Yönelik Olan Diş Macunları	25
2.4.2.6.4. Dentin Hassasiyetini Gidermeye Yönelik Olan Diş Macunları.....	25
2.4.2.6.5. Dişleri Beyazlatmaya Yönelik Olan Diş Macunları	26
2.4.2.7. Renklendirici ve Koruyucular.....	26
2.4.2.8. Su	26
2.5. Poliasit Modifiye Kompozit Resinler	27
2.5.1. Endikasyonları:	27
2.5.2. Kontraendikasyonları.....	28
2.5.3. Avantajları	28
2.5.4. Dezavantajları	28
2.5.5. Poliasit Modifiye Kompozit Resinlerin Özellikleri.....	29
2.5.5.1. İçerikleri.....	29
2.5.5.2. Sertleşme Reaksiyonu.....	30
2.5.5.3. Su Emilimi ve Florür Salınımı.....	31
2.5.5.4. Diş Sert Dokularına Adezyon	32
2.5.5.5. Fiziksel Özellikleri.....	33
2.5.5.6. Yüzey Özellikleri	34
2.6. Yüzey Pürüzlülüğü	35
2.6.1. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri	36
2.6.2. Profilometre	37
2.6.3. Atomik Kuvvet Mikroskobu	40
2.6.4. Taramalı Elektron Mikroskobu.....	40
3. GEREÇ ve YÖNTEM	42
3.1. Örneklerin Hazırlanması.....	42

3.2. Grupların Oluşturulması	47
3.3. Çalışmamızda Kullanılan Diş Macunları	47
3.4. Yapay Tükürük Hazırlanışı	49
3.5. Diş Fırçalama Prosedürleri	49
3.6. Ölçümlerin Yapılması	51
3.7. Ağırlık Ölçüm Testi	51
3.8. Optik Profilometre İle Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü	52
3.9. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) İle Yüzey Analizi	53
3.10. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) Analizi	54
3.11. İstatistiksel Analiz	55
4. BULGULAR	56
4.1. Hassas Terazî Ölçümlerinin Başlangıç ve Final Bulgularının Farklılıklarının İncelenmesi	56
4.2. Yüzey Pürüzlülüğü Bulguları	58
4.2.1. Optik Profilometre Yüzey Pürüzlülüğü Bulguları (Ra)	58
4.2.1.1. Optik Profilometre Yüzey Pürüzlülüğü Alan Pürüzlülük Bulguları (Sa)	60
4.2.2. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) Bulguları	63
4.3. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) Bulguları	64
5. TARTIŞMA	68
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	88
KAYNAKLAR	89

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No</u>		<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1.	Çürük süreci belirleyicilerinin şematik gösterimi	3
Şekil 2.2.	Üç boyutlu diş fırçası	14
Şekil 2.3.	Çiğnenebilir diş fırçası	15
Şekil 2.4.	Köpük diş fırçası	15
Şekil 2.5.	Diş rengindeki restoratif materyallerin özelliklerindeki yönelimler ¹⁶⁸	34
Şekil 2.6.	Ra parametresi diyagramı	38
Şekil 2.7.	Rz parametresi diyagramı	38
Şekil 2.8.	Rpm parametresi diyagramı	39
Şekil 3.1.	Hazırlanan örnekler	42
Şekil 3.2.	Dyract XP® Kompomer Materyali ve Kompül Tabancası	43
Şekil 3.3.	Örneklerin hazırlanmasında kullanılan metal kalıp	44
Şekil 3.4.	Örneklerin hazırlanmasında kullanılan materyaller	44
Şekil 3.5.	Woodpecker iLed Curing Light, (Guilin Woodpecker Medical Instrument Co. Ltd. , Guangxi, China)	45
Şekil 3.6.	Numaralandırılmış örnekler	45
Şekil 3.7.	Sof-Lex bitirme diskleri (3M Dental Products, St. Paul, USA)	46
Şekil 3.8.	a) Nüve cooled inkübatör ES 110 (Nüve, Ankara, Türkiye b) İnkübatörde bekletilen örnekler	46
Şekil 3.9.	Oluşturulan çalışma grupları	47
Şekil 3.10.	Kullanılan diş macunları	48
Şekil 3.11.	Yapay tükürük hazırlanmasında kullanılan malzemeler	49
Şekil 3.12.	a) Fırçalama düzeneği üstten görünüşü b) Fırçalama düzeneği yandan görünüşü ...	49
Şekil 3.13.	Numaralandırılmış fırça başlıkları	50
Şekil 3.14.	Örneklerin fırçalama düzeneğinde fırçalanması	51
Şekil 3.15.	Yapay tükürük solüsyonunda muhafaza edilen örnek grupları	51
Şekil 3.16.	Hassas terazi Shimadzu AX120 (Shimadzu corporation, Kyota, Japonya)	52
Şekil 3.17.	Optik profilometre cihazı (Profilim 3D/Fimmetrics, San Diego, USA)	53
Şekil 3.18.	Atomik Kuvvet Mikroskobu (Park NX10/ Park Systems, Suwon, Korea)	53
Şekil 3.19.	a) Q 150R ES vakumlu kaplama cihazı (Quorum Technologies, East Sussex, England) b) SEM analizi için örneklerin altın ile kaplanması	54
Şekil 3.20.	Quanta FEG 650 (FEI Company, Hillsboro, Oregon, USA) Taramalı Elektron Mikroskobu	54
Şekil 4.1.	Hassas Terazi başlangıç ve final ölçüm bulgularının gruplar arasındaki farklılıkların incelenmesi	57

Şekil 4.2.	Profilometre ortalma yüzey pürüzlülüğü (Ra) ölçüm başlangıç ve final bulgularının gruplar arasındaki farklılıkların incelenmesi	60
Şekil 4.3.	Optik profilometre a) başlangıç ve b) final yüzey görüntüleri	60
Şekil 4.4.	Gruplardaki alan yüzey pürüzlülüğü (Sa) başlangıç ve final bulguları arasındaki farklılıkların incelenmesi.....	63
Şekil 4.5.	AFM a) başlangıç ve b) final ölçümleri yüzey görüntüleri	63
Şekil 4.6.	1.Gruba ait X500 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final	64
Şekil 4.7.	1.Gruba ait X10000 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final	64
Şekil 4.8.	2.Gruba ait X500 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final	65
Şekil 4.9.	2.Gruba ait X10000 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final	65
Şekil 4.10.	3.Gruba ait X500 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final	65
Şekil 4.11.	3.Gruba ait X10000 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final	66
Şekil 4.12.	4.Gruba ait X500 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final	66
Şekil 4.13.	4.Gruba ait X10000 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final	66
Şekil 4.14.	5.Gruba ait X500 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final	67
Şekil 4.15.	5.Gruba ait X10000 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge No</u>	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Farklı yaş gruplarına göre ortalama fırça başlığı boyutları	16
Tablo 3.1. Kompomer Materyalin İçeriği ve Üretici Firması	43
Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan diş macunlarının içerikleri ve üretici firmaları	48
Tablo 4.1. Hassas terazi ölçümlerinin başlangıç ve final bulgularının gruplar açısından farklılıklarının incelenmesi.....	56
Tablo 4.2. Grupların Hassas terazi ölçümlerinin başlangıç ve final bulgularının incelenmesi ..	57
Tablo 4.3. Optik Profilometre yüzey pürüzlülüğü (Ra) ölçümlerinin başlangıç ve final bulgularının gruplar açısından farklılıklarının incelenmesi.....	58
Tablo 4.4. Optik Profilometre ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) ölçümlerinin başlangıç ve final bulgularının incelenmesi	59
Tablo 4.5. Optik Profilometre alan yüzey pürüzlülüğü (Sa) ölçümlerinin başlangıç ve final bulgularının gruplar açısından farklılıklarının incelenmesi.....	61
Tablo 4.6. Grupların alan yüzey pürüzlülüğü (Sa) ölçümlerinin başlangıç ve final bulgularının incelenmesi.....	62

KISALTMALAR ve SİMGELER

AFM	: Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscopy)
BisGMA	: Bisfenol A glisidil dimetakrilat
C°	: Santigrat derece
CaCl₂	: Kalsiyum Klorür
CaF₂	: Kalsiyum florürit
CAPB	: Cocomidopropil betain
CİS	: Cam iyonomer Siman
gr	: Gram
HEMA	: Hidroksietillmetakrilat
ISO	: International Organization for Standardization
KH₂PO₄	: Monopotasyum fosfat
Kompomer	: Poliasit modifiye kompozit rezin
LED	: Light Emitting Diode
mg	: Miligram (kütle birimi)
mm	: Milimetre (uzunluk birimi)
µm	: M i k r ometre
nm	: Nanometre (uzunluk birimi)
nN	: nanonewton
pN	: piconewton
NaCl	: Sodyum Klorür
NaH₂PO₄	: Sodyum Fosfat
NH₄Cl	: Amonyum Klorür
NaSCN	: Sodyum tiyosiyanat
PENTA	: Dipenta eritrol pentaakrilat monofosfat
Ra	: Ortalama yüzey pürüzlülüğü
RDA	: Relative Dentine Abrasivity
RMCİS	: Resin modifiye cam iyonomer simanlar
Rq	: Merkez çizgisinden sapmalarının geometik ortalamasıdır
Sa	: Yüzey ve Alanın Aritmetik Ortalama Sapması.
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu (Scanning Electron Microscopy)

SLS	: Sodium Lauryl Sulphate
TCB	: Tetrakarboksilik bütan
TEGDMA	: Trietilen Glikol Dimetakrilat
UDMA	: Üretan dimetakrilatlar



ÖZET

Çocuk Diş Macunlarının Poliasit Modifiye Kompozit Rezinlerin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisinin İn Vitro Olarak İncelenmesi

Bu in vitro çalışmanın amacı, çeşitli çocuk diş macunlarının poliasit modifiye kompozit rezin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin incelenmesidir.

Çalışmada poliasit modifiye kompozit rezin (Voco, Glasiosite Caps, A2) kullanılarak 10x10 mm boyutlarında ve 2 mm kalınlığında kare şeklinde 50 adet örnek oluşturuldu ve Sof-Lex (3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN. USA) polisaj diskleri kullanılarak cilalandı. 24 saat 37°C distile suda bekletilen örnekler rastgele beş gruba ayrıldı: Grup 1 (Kontrol), Grup 2 (Rocs Junior), Grup 3 (Sensodyne Promine Kids), Grup 4 (Jack and Jill), Grup 5 (Oral-B Kids). Hassas Terazi, Optik Profilometre ve Atomik Kuvvet Mikroskobu ile başlangıç ölçümleri yapıldı, Taramalı Elektron Mikroskobu ile başlangıç yüzey özellikleri değerlendirildi. Diş macunu ve yapay tükürük ağırlıkça 1: 3 oranında karıştırıldı ve örnekler bir yıllık fırçalama süresine eşdeğer olacak şekilde 15 gün boyunca günde iki kez iki dakika fırçalandı. Örnekler fırçalama seansları arasında yapay tükürük solüsyonunda saklandı. Hassas Terazi, Optik Profilometre ve Atomik Kuvvet Mikroskobu ve Taramalı Elektron Mikroskobu ile final değerlendirmeleri yapıldı.

Hassas terazi ölçümlerinin başlangıç ve final bulgularının gruplar arasındaki farklılıklarının anlamlı olmadığı tespit edildi ($p>0,05$). Sensodyne Promine Kids'den elde edilen final pürüzlülük ölçümlerinin, başlangıç ölçümlerine göre anlamlı olarak arttığı saptandı ($p=0,002$; $p<0,05$). AFM ile elde edilen ölçümlerin optik profilometre ile uyumlu olduğu gözlemlendi. Hem optik profilometre hem de AFM ile belirlenen R_a değerleri, bakteri kolonizasyonu için kritik eşik değeri olarak belirlenen $0.2 \mu\text{m}$ 'nin altında olduğu tespit edildi. Çalışmamızın sonuçlarına göre macun formülasyonunda aşındırıcılık oranını etkileyen pek çok unsur olmasına rağmen kompomer ile restore ettiğimiz vakalarda oral hijyen uygulamaları için aşındırıcı partikül olarak silika içeren diş macunlarının daha güvenilir olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Diş Fırçalama, Diş Macunu, Kompomer, Yüzey Pürüzlülüğü

ABSTRACT

In Vitro Investigation of the Effect of Children's Toothpastes on the Surface Roughness of Polyacid Modified Composite Resins

The aim of this in vitro study was to examine the effects of various children's toothpastes on the surface roughness of polyacid modified composites resin.

In the study, 50 square specimens of 10x10 mm dimensions and 2 mm thickness were created using polyacid modified composite resin (Voco, Glasiosite Caps, A2) and polished using Sof-Lex (3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN, USA) polishing discs. Samples kept in distilled water for 24 hours at 37°C were randomly divided into five groups: Group 1 (Control), Group 2 (Rocs Junior), Group 3 (Sensodyne Promine Kids), Group 4 (Jack and Jill), Group 5 (Oral-B Kids). Initial measurements were made with Precision balance, Optical Profilometer and Atomic Force Microscope, and initial surface properties were evaluated with Scanning Electron Microscope. Toothpaste and artificial saliva were mixed at a ratio of 1: 3 by weight and the samples were brushed for two minutes twice a day for 15 days, equivalent to one year of brushing. Samples were stored in artificial saliva solution between brushing sessions. Final evaluations were made with Precision balance, Optical Profilometer, Atomic Force Microscope and Scanning Electron Microscope.

It was determined that the initial and final findings of precision balance measurements were not significantly different between the groups ($p>0.05$). It was determined that the final roughness measurements obtained from Sensodyne Promine Kids increased significantly compared to the initial measurements ($p=0.002$; $p<0.05$). It was observed that the measurements obtained with AFM were compatible with the optical profilometer. Ra values determined by both optical profilometer and AFM were found to be below 0. 2 μm , which was determined as the critical threshold value for bacterial colonization. According to the results of our study, although there are many factors affecting the abrasiveness rate in the paste formulation, it can be said that toothpastes containing silica as abrasive particles are more reliable for oral hygiene applications in cases we restored with compomer.

Keywords: Compomer, Tooth Brushing, Toothpaste, Surface Roughness

1. GİRİŞ

Diş çürükleri, çağlardan beri görülen en yaygın enfeksiyöz mikrobiyal hastalıklardan biridir. Karyojenik potansiyeli yüksek işlenmiş gıdaların yaygınlaşması, yaşam tarzı ve yeme alışkanlıklarındaki değişiklikler nedeni ile günümüzde çürük görülme sıklığı artmıştır. Süt dişlerinde çürük olan çocukların daimi dişlerindeki çürük oranı aynı yaştaki akranlarına göre üç kat daha fazladır. Çürükler basit yöntemlerle etkili bir şekilde önlenabilir olup ucuz ve uygulaması kolay kişisel hijyen alışkanlıklarından en etkilisi diş fırçalamadır ¹⁻³. Çürük oluşumunu önlemede ve görülme sıklığını azaltmada en önemli faktör florürlü diş macunları ile düzenli ve denetimli diş fırçalamadır ⁴.

Çocuklar için diş macunu formülasyonlarının kullanımı ve tasarımına ilişkin önceki bilimsel araştırma ve tartışmalar, çoğunlukla florür ve kullanılan miktarın önemi üzerine odaklanmıştır ⁵⁻⁷. Florür ile ilgili çalışmaların yanı sıra, çocuk diş macunlarının formülasyonlarını kapsayan literatür, form tercihleri ve diş macununun görsel çekiciliği ve tadı ile ilgili araştırmalarla sınırlı görünmektedir ⁸⁻¹⁰. Yetişkinler için diş macunları ve çocuk diş macunları arasındaki temel farklar, sürfaktanların seviyesi ve türü, koyulaştırıcı ajanların türü, aroma, renk ve florür miktarıdır ⁶.

Plak ve lekeli pelikülün çıkarılması da dahil olmak üzere diş fırçalama sırasındaki fiziksel temizleme eyleminin çoğu, diş fırçası ve diş macunu formülasyonundaki aşındırıcı parçacıkların etkileşiminden kaynaklanır. Bu temizleme eylemi, farklı diş macunu formülasyonları arasında büyük farklılıklar gösterebilir. Parlaklık ve pürüzlülük kullanılan aşındırıcının tipi, morfolojisi ve parçacık boyutu dağılımına bağlı olarak artabilir veya azalabilir ^{11,12}.

Yetişkin diş macunlarının plağı daha etkili temizlemesi beklenirken çocuk diş macunlarının aşındırıcılığı, gelişen diş yüzeylerinde aşındırıcı hasarı en aza indirirken etkili bir temizlik sağlamak için ideal olarak dengelenmelidir. Süt dişleri arasındaki yapısal farklılıklar göz önüne alındığında, yeni sürmüş ve olgunlaşmamış daimi dişler ve çocukların diyetlerinin tipik olarak büyük miktarlarda kromojenik çay ve kahve içermediği göz önünde bulundurularak aşındırıcılık seviyesi daha düşük formülasyonlar daha güvenlidir ⁴.

Diş sert dokularının yüzey pürüzlülüğünün değerlendirildiği araştırmalarda, insan daimi ve süt dişlerinde ayrıca sığır süt ve daimi dişlerinde abraziv özellikli materyallerin

etkileri gösterilmiş olmasına rağmen restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğü üzerine çocuk diş macunlarının etkisini gösteren araştırmaya rastlanmamıştır ¹³⁻¹⁶.

İn vitro olarak planlanan bu tez çalışmasının amaçları şu şekilde sıralanabilir:

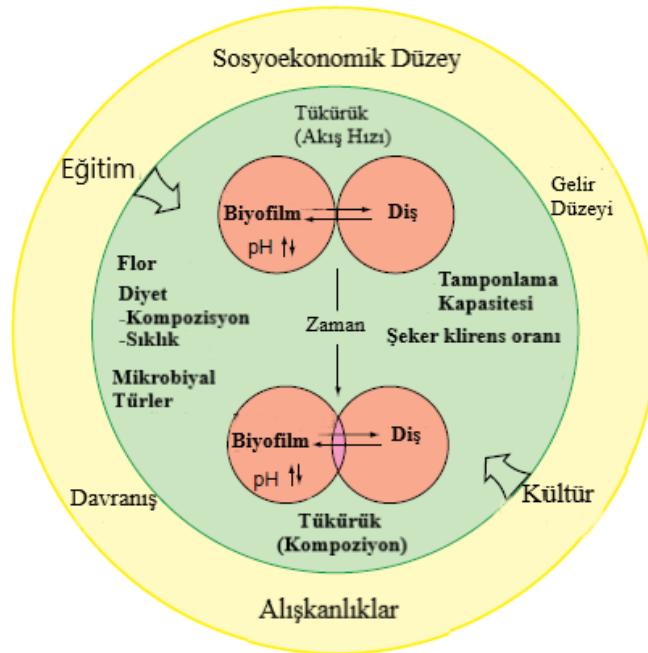
- I. Çocuk diş macunlarının poliasit modifiye kompozit rezinlerin (kompomer) yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin incelenmesi,
- II. Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde Optik Profilometre ve Atomik Kuvvet Mikroskobu ölçüm değerlerinin incelenmesi,
- III. Kullanılan macunların kendi aralarında yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini karşılaştırmaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Diş Çürüğü

Diş çürüğü; mikroorganizmaların karbonhidratları fermente etmesi sonucu açığa çıkan asidik yan ürünlerin neden olduğu, kalsifiye dokuların yıkımı ve lokalize çözünmesi ile sonuçlanan multifaktöriyel, kronik, enfeksiyöz ve bulaşıcı bir hastalık olarak tanımlanmaktadır¹⁷⁻¹⁹. Çürük oluşumu için mikroorganizmalar, fermente olabilen karbonhidratlar, konak ve zaman olmak üzere dört ana faktörün mevcudiyeti gereklidir²⁰. İlerleyen yıllarda yapılan çalışmalar; tükürük, vücut savunma sistemi, süre, genetik ve kültürel özellikler, immünolojik, davranışsal ve çevresel faktörler, sosyoekonomik durum, eğitim seviyesi ve florür kullanımı gibi birçok faktörün de çürük oluşumunda etkili olduğunu göstermiştir^{21,22}.

Diş yüzeyi seviyesindeki belirleyicilerin etkisi ile zaman içinde biyofilmin bileşiminde ve metabolik aktivitesinde ekolojik bir kayma biyofilm sıvısı ile dişin mineralize kısmı arasındaki dengede bir bozulmaya neden olabilir. Böylece, net bir mineral kaybı, çürük lezyonu ile sonuçlanır. Bu süreçleri birey ve popülasyon seviyelerinde etkileyen eğitim, sosyoekonomik düzey, gelir düzeyi, davranış ve alışkanlıklar ise çürük oluşumunu etkileyen daha uzak belirleyicilerdir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Çürük süreci belirleyicilerinin şematik gösterimi²³

Diş çürüğü büyük ölçüde önlenabilir olsa da, 6 ila 11 yaş arası çocukların ve 12 ila 19 yaş arası adolesanların en yaygın kronik hastalığı olmaya devam etmektedir. Diş çürüğü, 14 ila 17 yaş arasındaki adolesanlarda astımdan dört kat daha yaygındır ²⁴. Dünya çapında çocukların % 60 ila % 90'ını etkiler ²⁵.

2.2. Çürük Oluşumunda Etkili Olan Faktörler

2.2.1. Konak Faktörü

2.2.1.1. Dişler

Dişlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri çürük oluşumunu etkileyebilmektedir ²⁶. Yiyecek artıkları, debrisler ve bakterileri tutma eğiliminde olan derin ve dar okluzal fissürler, lingual ve bukkal pitlerin varlığı ve bunların artmış derinlikleri plak retansiyonuna neden olarak çürük oluşumu riskini arttırmaktadır. Dişlerdeki yüzey düzensizlikleri, düz yüzeylerindeki pürüzlülük, dişlerin pozisyonları, rotasyon varlığı yiyecek ve debris birikimini kolaylaştırırken plağın uzaklaştırılmasını zorlaştıracığından çürük eğilimini arttırmaktadır ²⁷.

Hidroksiapatit kristallerinin tipi, boyutu ve mesafesi mine çözünürlüğünü ve dişin çürüğe olan direncini etkilemektedir. Dişler sürdükleri ilk dönemde mineralizasyonları henüz tamamlanmadığı için geçirgenlikleri çok fazladır. Mineralizasyonun tamamlanması için gereken süre; sürekli dişlerde 3-4 yıl, süt dişlerinde ise 6-14 aydır. Mineralizasyon tamamlanınca apatit yapısının çözünürlüğü azalarak çürüğe karşı direnç artmaktadır ^{28,29}.

Süt dişi minesi morfolojik, anatomik ve histolojik olarak daimi dişlerden farklıdır. Süt dişlerinde mine oluşum süreleri daimi dişlerin yarısı kadar olduğundan süt dişlerinin mine kalınlıkları, daimi dişlerin yarısı kadardır. Bu kalınlık farkından dolayı süt dişleri daimi dişlere göre daha kırılgandır. Daimi dişlerde mine dokusu %95 inorganik, %1 organik madde ve %4 sudan oluşurken süt dişlerinde mine dokusu %92 –93 inorganik, %4 organik materyalden ve %3 sudan oluşur. Süt dişlerinde birincisi intrauterin hayatta meydana gelen iç tabaka, ikincisi ise doğumdan hemen sonra meydana gelen dış tabaka olmak üzere iki tip mine vardır. Prenatal iç tabaka daha homojendir. Postnatal tabaka daha fazla kalsifikasyon gösterir ve prizmaların doğrultuları düzensizdir ³⁰.

2.2.1.2. Tükürük

Tükürük sahip olduğu fiziksel, kimyasal ve antibakteriyel özellikleri ile çürük oluşumunda ve çürükten korunmada etkili rol oynar. Fiziksel etkisi ile tükürük akış hızı ve sulu içeriği sayesinde dişleri ve oral mukozayı yıkayarak mekanik olarak temizlik yapar, plak birikimini azaltır. İçeriğindeki antikorlar IgA, lizozim, laktoferrin ve laktoperoksidaz sayesinde antibakteriyel ve antiviral özelliğe sahiptir. Tamponlama kapasitesi ve enzim içeriği ile plak kaynaklı asidik ortamın nötralizasyonunu sağlar ve remineralizasyonu artırır^{31,32}. Tamponlama kapasitesinin yüksek oluşu çürük oluşumuna karşı direnç sağlarken tamponlama kapasitesi düşük olan bireyler diş çürüğü için risk altındadırlar. Tükürüğün tamponlama kapasitesi karbonik asit, bikarbonat fosfat ve protein tamponlama sistemine dayanmaktadır. Uyarılmış tükürükte en önemli tampon komponenti bikarbonat tampon sistemiyken; uyarılmamış tükürükte ise, karbonik asit bikarbonat tampon sistemidir. Tükürük uyarıldığında tükürük akış hızının artışı ile birlikte bikarbonat (HCO_3) miktarı artar ve pH yükselir ($\text{pH}=5,75-7,05$) ve tamponlama kapasitesi artar. Tamponlama kapasitesi tükürük pH'sı 6,5-7 aralığında iken güçlü, 4-6 aralığında ise düşüktür. Tükürüğün azalan pH'sinin yükseltilmesinde en önemli tampon sistemi bikarbonat sistemidir.

Tükürüğün akış hızı tükürük bileşimini önemli oranda etkiler. Yemek yerken çiğneme stimülasyonu ile artış gösteren tükürük akış hızı uyku sırasında neredeyse sıfırlanır. Herhangi bir sağlık problemi olmayan veya ilaç kullanmayan bireylerde uyarılmamış tükürük akış hızı; vücut pozisyonu, hidrasyon, ışık, yaş, sigara kullanımı, koku alma ve cinsiyet faktörlerinden etkilenir. Sağlıklı bireylerde salgılanan günlük tükürük miktarı ortalama 1000-1500 ml'dir. Dakikadaki tükürük akış hızı yetişkinlerde 0,3-0,4 ml iken çocuklarda bu değer 0,2 ml'dir. Uyarılmış tükürük akış hızı yetişkinlerde 1,5-2 ml'ye, çocuklarda ise 1 ml'ye kadar çıkabilir. Tükürük akış hızında artma ile Na, Cl, protein ve HCO_3 seviyesi artarken, PO_4 ve Mg seviyesi düşmektedir³³⁻³⁶.

Tükürük tamponlama kapasitesinin ve akım oranının çocuklarda yaşla birlikte arttığı düşünülmektedir. Bununla birlikte tükürük tamponlama kapasitesinin kız çocuklarında erkek çocuklarına göre daha düşük olduğu bildirilmiştir³⁷.

2.2.1.3. Diyet

Diş çürüğü; mikroorganizmaların şeker içeren besinlerde bulunan monosakkarit ve disakkaritleri fermante etmesi ile açığa çıkan asidik yan ürünlerin kalsifiye dokuları yıkması ve lokalize olarak çözünmesi sonucu oluşur ^{17,18}. Diyetteki karbonhidratların miktarı, tipi, ağızda kalma süresi ve alım sıklığı çürük potansiyelini etkileyen ana unsurlardandır. Yapışkan, kolay çözünmeyen, katı gıdalar ağız ortamında daha uzun süre kalacağından çürük oluşturma potansiyeli daha yüksektir. Karbonhidrat içeren öğün sayısının artması aynı miktarın tek öğünde tüketilmesine göre daha karyojeniktir ^{28,38}.

Monosakkarit ve disakkaritler küçük moleküllü oldukları için plak içerisine diffüze olarak asidürik mikroorganizmalar tarafından kolayca organik asitlere dönüştürülerek çürük oluşumunu başlatabilirler. Polisakkaritler ise daha büyük molekül yapısında oldukları için bakteriler tarafından ağız ortamında metabolize edilebilmeleri için öncelikle küçük moleküllere ayrışmaları gerekir. Bu sebeple polisakkaritlerin çürük oluşturma potansiyeli ağızda kalma sürelerine veya enzimlerin polisakkaritleri ayrıştırma hızına bağlı olarak değişmektedir. Bir glukoz ve bir fruktoz molekülünün bir araya gelmesiyle meydana gelen disakkarit olan sakkarozun çözünürlüğü yüksektir ve plak içerisine kolaylıkla difüze olabilir. Karyojenik plak bakterileri sakkarozdan adeziv ve koheziv özelliği yüksek ekstraselüler polisakkarit ve asit oluşturmaktadır. Streptokok Mutansların (S.Mutans), sakkarozu metabolize ederek ürettiği glukozlar suda çözünmez, bakterilerin diş yüzeyine ve birbirine tutunmasında ve bakteri metabolizmasının asidik yan ürünlerinin ortamda birikmesinde rol oynarlar. Sakkaroz başlangıç çürüklerinin gelişiminde son derecede etkilidir. Bütün bu özellikleri ile sakkaroz en karyojenik şekerdir ³⁸⁻⁴¹.

2.2.2. Zaman

Diş çürüğünün oluşabilmesi için konak, besin ve bakterilerin belli bir süre boyunca bir arada bulunması gerekmektedir ⁴². Karbonhidrat alımından itibaren plak pH'ının nötral pH'ya ulaşması ancak 30 dakikada gerçekleşmektedir. Karbonhidrat metabolizması sonucu açığa çıkan asitler ortam pH'ının düşmesine neden olur. Mine yüzeyinden fosfat ve kalsiyum ayrılmasına ortam hazırlayan pH değerine kritik pH (pH 5.5 ve altı) denir. Tükürük pH'sı bu değerin altına düşünce mine çözülerek çürük oluşumu başlar. Fakat demineralizasyonun kavite oluşumuna geçmesi için belirli bir

zamanın geçmesi gerekmektedir. Kavitasyon oluşumu ortalama olarak 18-24 ay içerisinde gerçekleşmektedir ^{33,43,44}.

2.2.3. Dental Plak

Dental plak, diş yüzeyinde biriken besin artıkları, mikroorganizmalar, deskuamasyona uğramış epitel hücreleri, tükürük glikoproteinleri, lökositler ve makrofajları içeren dinamik bir biyofilm ekosistemi olarak tanımlanmaktadır. Daha çok tükürük akımı, dil, dudak ve yanağın mekanik temizlik etkisinin yetersiz kaldığı bölgelere yerleşir ⁴⁵⁻⁴⁷.

Dental plak yapısal ve fonksiyonel olarak organize olmuş bir biyofilmdir. Plak düzenli bir şekilde oluşur ve sağlık durumunda nispeten stabil kalan mikrobiyal bir bileşime sahiptir. Hastalıklı bölgelerde baskın olan türler, sağlıklı bölgelerde bulunan türlerden farklıdır, ancak varsayılan patojenler normal bölgelerde düşük sayılarda tespit edilebilir. Diş çürüklerinde, Streptococcus mutans ve laktobasiller gibi asidojenik ve asidürik türlerin hakim olduğu bir mikro flora mevcuttur, ancak ilgili özelliklere sahip diğer türler de dahil olabilir. Diş çürüklerini kontrol etme stratejileri, biyofilm gelişiminin inhibisyonunu (örn. karyojenik bakterilerin adezyonunun önlenmesi, hücre sinyal mekanizmalarının manipülasyonu, etkili antimikrobiyallerin verilmesi, vb.) veya konakçı savunmalarının arttırılmasını içerebilir. Kanıtlar, mutans streptokokları ve laktobasiller için plaktaki düzenli düşük pH koşullarının seçildiğini göstermektedir. Bu nedenle, ara öğünlerde metabolik inhibitörler ve fermente edilemeyen yapay tatlandırıcılar veya tükürük akışının uyarılması sağlanarak şeker katabolizması ve asit üretiminin baskılanması, plaktaki homeostazın korunmasına yardımcı olabilir ⁴⁸.

Plak oluşumunun ilk aşamasını pelikül formasyonu oluşturur. Tükürük glikoproteinlerinin diş veya yumuşak dokulara tutunmasıyla oluşan homojen, membranöz, hücre içermeyen bir film tabakasıdır. Tükürükle temas eden bütün oral yapıların üzerini kaplar. Diş fırçalama gibi mekanik işlemlerle ağız ortamından uzaklaştırılabilse de uzaklaştırıldıktan hemen sonra tekrar oluşabilen ince bir protein tabakasıdır. Pelikül her ne kadar mikroorganizmaların diş yüzeyine tutunup kolonize olmasını ve besin kaynağını sağlasa da çeşitli biyolojik yararları da bulunmaktadır. Diş yüzeyini kaplayarak mineye seçici geçirgenlik verir; remineralizasyon için matriks görevi görür; böylece mineyi asit ataklarına karşı korur ve dişler arasındaki sürtünmeyi azaltır

^{17,49,50}. Kalınlığı zamanla artar. Yapılan çalışmalar dişler temizlendikten 2 saat sonra diş yüzeyinde 0,1-0,7 µm kalınlığında organik bir tabaka oluştuğunu göstermiştir. Oluştuktan sonra üzerine bakteriler yerleşmeye başlar ^{17,51,52}.

Pelikül yapısına tutunan öncü dominant bakteriler streptokok türleri olup bunu actinomyces türleri izlemektedir. Streptococcus sanguis, Actinomyces naeslundii, Peptostreptococcus, Actinomyces viscosus gibi türler hidrojen bağları, hidrofobik etkileşimler, kalsiyum köprüleri, van der Waals kuvvetleri, asit-baz etkileşimleri ve elektrostatik etkileşimler sayesinde pelikula bağlanan öncü spesifik bakterilerdir ^{46,49,53}. İlk kolonizasyon, geri dönüşümlü zayıf bir bağlantı ile karakterizedir. Plak formasyonu organize bir süreçtir; her basamağı sonraki aşamayı kolaylaştıran değişiklikleri içerir. Zamanla, bağlantı daha güçlü hale gelir ve daha zor dağılır. Bağlanma, hücre duvarını kaplayan yapışkan proteoglikanların yanı sıra fimbria ve pili yüzeyindeki proteinler aracılığı ile olur. Adezyondan sorumlu bu proteinli bileşenler, adezinler olarak tanımlanmıştır. Yüzey ilk gün, yavaş yavaş diş yüzeyi boyunca lateral olarak yayılan bakteri kolonileri ile kaplanır. Tüm yüzey kaplandığında, çoğalan bakteriler diştan uzaklaşmaya başlar ^{54,55}. Sekonder kolonizasyonda yer alan bakteriyel türler arasında Fusobacterium nucleatum, Treponema spp, Tannerella forsythensis, Porphyromonas gingivalis, Aggregatibacter actinomycetemcomitans bulunur. Olgun biyofilmin mikrobiyal bileşenleri ilk biyofilmden oldukça farklıdır. Biyofilm gelişimi sırasında oransal bir değişim meydana gelir. Actinomyces, Corynebacterium, Fusobacterium ve Veillonella miktarı artarken, göreceli Streptococci ve Neisseria miktarı azalır. Bakteriyel agregasyon çok karmaşık bir süreçtir. Olgun biyofilmler tipik olarak birçok gözenekli tabaka ve su kanalı içerir ve bakterilere gerekli besinleri sağlar ^{56,57}.

2.3. Diş Çürüğünden Korunma Yöntemleri

Diş çürüğünün patogenezi iyi anlaşıldığından, çürük gelişimini önleme stratejileri nispeten basit görünmektedir. Çürük gelişimini kontrol etmek için olası yaklaşımlar şunları içerir; plağın çıkarılması, plağın asidojenik potansiyelinin azaltılması, şeker tüketiminin azaltılması, dişlerin asit ataklarına karşı direncinin artırılması ve plak ve mine arasında bir bariyer oluşturmak için diş yüzeyinin kaplanması. Günümüzde şeker kontrolü, florür takviyesi ve fissür sızdırmazlığı olmak üzere üç yaklaşım pratik öneme sahiptir ⁵⁸.

2.3.1. Diyet Düzenlemesi

Yiyeceklerin çürük yapma potansiyeli karyojenite olarak adlandırılmaktadır. Yiyeceklerin karyojenitesi; hazırlanma biçimi, kimyasal yapısı, yenilme sırası ve şekline göre değişmektedir ⁵⁹. Sakkaroz, mutans streptokokları tarafından glukan sentezini destekleme yeteneğinden dolayı özellikle karyojeniktir. Bununla birlikte, tüm fermente edilebilir karbonhidratlar, dental biyofilmde mutans streptokokları dahil olmak üzere birçok farklı bakteri tarafından metabolize edilebilir ve asit yan ürünleri, diş yapısının demineralizasyonuna yol açabilir. Bu, çoğu gıda ürününün ve neredeyse tüm atıştırmalıkların, tatlıların ve alkolsüz içeceklerin potansiyel çürük risk faktörleri olduğu anlamına gelir. Çürük riski ile ilişkili hastaların diyet davranışları hakkında bilgi sahibi olmak, çürük riskini azaltabilecek spesifik, kişiselleştirilmiş öneriler sağlarken gereklidir. Çürük süreci, fermente olabilen karbonhidratlara maruz kalma dahil olmak üzere konakçı ve çevresel faktörlerin varlığına bağlıdır ⁶⁰. Besin maddelerinin karyojenitesini belirleyen unsurlar arasında içeriğindeki fermente olabilen karbonhidratların tipi ve miktarı, yapısal özellikleri, ağızda kalma süresi, çözünürlüğü, karyostatik özelliği, asidojenitesi ve tükürük akışını stimüle edebilme özelliği gelmektedir ⁶¹.

Ekmek, kraker, tatlandırılmış kahvaltılık gevrekler, pasta, kurabiye, kuru meyve ve patates cipsi gibi fermente olabilen karbonhidrat miktarı fazla, ağızda kalma süresi uzun, en küçük yapıtaşlarına kadar parçalanabilen, plak pH'sını 5.5' in altına düşüren besinlerin kariyojenitesi yüksek; yüksek oranda protein, yağ, minimal oranda karbonhidrat, yüksek konsantrasyonda kalsiyum ve fosfat içeren, plak pH' ı 6.0' dan yüksek olan ve tükürük sekresyonunu aktive eden süt, peynir, et, yumurta, fıstık ve bazı sebze çeşitleri gibi besin maddeleri ise kariyojenitesi düşük gıdalar olarak sınıflandırılmaktadır ^{62,63}.

Çürüklerden kaçınmak için diyet ve diyet alışkanlıklarına ilişkin genel yönergeler aslında basittir. Gıda alımı sıklığı günde beş veya altı ile sınırlandırılmalıdır. Bu genellikle üç ana öğün ve iki ya da üç ara öğün anlamına gelmektedir. Sık aralıklarla beslenme dişlerin asit ataklarına maruz kalmasına sebep olmaktadır. Ana öğünlerde yağ ve protein açısından zengin yiyeceklerin tüketimi tükürük miktarını artırarak ve dişlerin yüzeylerinin kayganlaşmasına sebep olarak ana öğünden hemen sonra tüketilen karyojenik gıdaların çürük oluşturma potansiyelini düşürmektedir. Ara öğünlerde

tüketilen yiyeceklerin asiditesi düşük, tamponlama kapasitesi yüksek olmalı tükürük akışını stimüle edebilmeli ve antikaryojenik içeriğe sahip olmalıdır. Sakkaroz içeren gıda ürünleri ve içeceklerden kaçınılmalı ve yemekler arasında atıştırma yapılmamalıdır. Özellikle geceleri sakkaroz içeren sıvılarla biberonla beslenmekten kaçınılmalıdır. Alkolsüz içecekler, meyve suları ve spor içecekleri gibi erozyona neden olabilecek asitli içecek alım sıklığı azaltılmalıdır. Şeker ve sakız kullanımından kaçınılamıyorsa, sakkaroz yerine ksilitol ve sorbitol gibi tatlandırılmış ürünler kullanılmalıdır ^{39,60}.

Ksilitol *S. mutans*' ın enerji üretmek için kullandığı sakkaroz molekülünü tutarak fermente etmesini önler, *S. mutans*' ın etki mekanizmasını değiştirir ve remineralizasyon sürecini dolaylı olarak desteklemektedir. Ksilitol içeren sakızların yemeklerden sonra 5-30 dk çiğnenmesi dental plağın asit etkisini azaltmakta ve yemek sonrası düşen pH değerini tamponlayarak remineralizasyona destek olmaktadır ^{64,65}.

2.3.2. Florür uygulamaları

Florür, tüm toplumlarda sağlık, ekonomik ve sosyal etkileri önemli bir hastalık olan diş çürüğünü önleme stratejilerinde önemli bir bileşen olarak kabul edilmektedir. Florür kullanımı, halk sağlığı tarihinde bir hastalığın önlenmesi için en başarılı önlemlerden biri olarak kabul edilmektedir ⁶⁶.

Florür iyonları mine yüzeyindeki hidroksiapatitler ile etkileşime girerek; yarıçapı kendisine çok benzeyen hidroksil iyonu ile yer değiştirip asitler karşısında daha az çözünen fluoroapatiti oluşturmaktadır. Florapatit kristal formu demineralizasyona karşı daha dirençlidir. Florür özellikle *S. mutans* gibi karyojenik bakterilerin asit üretimini ve bakteriyel metabolizmasını inhibe ederek karyojenik florayı baskılamakta ve plağın olgunlaşmasını önlemektedir. Dental plakta pH kritik değer olan 5.5' in altına düştüğünde minede çözünme başlamaktadır. Ortamda florür varlığında hidroksiapatit kristalleri florapatit yapısına geçtikleri için kritik pH 5.0-4.5 değerlerine geldiği ve minede çözünmenin daha zor olduğu bildirilmiştir. Demineralizasyon remineralizasyon siklusu esnasında florür varlığında oluşan CaF_2 kompleksleri dental plak ve tükürükte rezervuar görevi yapmaktadır ⁶⁷⁻⁶⁹.

Florür sistemik ve topikal olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır. Florürün diş dokularına etkisi dişlerin gelişimi ve sürme öncesi dönemde sistemik uygulamalar ile meydana gelirken, sürme sonrası dönemde topikal uygulamalar ya da sistemik

uygulamaların topikal etkisi sonucu meydana gelmektedir. Dişlerin gelişim ve sürme öncesi aşamasında ortamda bulunan florür iyonları, sağlıklı bir gelişim ve iyi bir mineralizasyon sağlamakta böylece diş dokusu çürüklere daha dayanıklı hale gelmektedir⁷⁰.

2.3.2.1. Sistemik Florür Uygulamaları

Sistemik florür uygulamaları; içme sularına florür eklenmesi, florürlü tablet, pastil ve damlalar, sofr tuzlarına florür eklenmesi, süte florür eklenmesi, multivitamin- florür kombinasyonlarından oluşmaktadır. Sistemik florür uygulamaları diyetinde 0,6 ppm' den daha az florür bulunan ve içme suyunda florür bulunmayan çürük riski yüksek çocuklara tablet veya damlalar yoluyla florür verilmesi şeklinde yapılmaktadır. Günlük total florür alım miktarı, diyetle yer alan florür kaynakları ve çürük riski değerlendirilerek florür tabletinin dozuna karar verilmektedir. Sistemik florür uygulamalarının topikal çürük önleyici etkisinden de yararlanabilmek için çiğneme tabletleri veya emilebilen tabletler tercih edilmelidir^{71,72}.

2.3.2.2. Topikal Florür Uygulamaları

Topikal florür uygulamaları sayesinde ağızda sürekli olarak bulunan florür iyonları; CaF_2 kompleksleri oluşturarak plak veya diş yüzeyinde asit atakları ile pH seviyesi düştüğünde salgılanmak üzere bir florür rezervuarı oluşturur. Ayrıca florür varlığında mine yapısındaki hidroksiapatit kristalleri, hidroksil iyonu ile yer değiştirerek asit ataklarına daha dirençli florapatit kristalleri oluşturur^{64,73}. Topikal florür formlarından jel, solüsyon, cila, profilaksi patları veya yavaş salınım sistemler yüksek oranda florür içermekte olup diş hekimleri tarafından uygulanmaktadır. Düşük konsantrasyonda florür içeren diş macunu, diş ipi, kürdan, gargara, jel ve sakız ise bireysel kullanıma uygun olup düzenli olarak uygulanması gerekmektedir⁷⁴.

Çürüklerin önlenmesinde sık aralıklarla düşük dozda florür uygulanmasının yılda birkaç kez yüksek doz florür uygulanmasından daha etkili olduğu gösterilmiştir⁷⁵. Bu amaçla diş macunlarına florür eklenerek bireysel olarak daha kolay ve daha sık uygulanabilmesi sağlanmıştır. Florürlü diş macunları en yaygın olarak kullanılan topikal florür uygulamasıdır⁷⁶.

2.3.3. Pit ve Fissür Örtücüler

İçme sularının florürlenmesi, topikal florür uygulamaları, plak kontrolü ve diyet kontrolü gibi çürük önleyici yaklaşımların çürük prevalansının genel olarak azalmasına neden olduğu görülmüştür ancak bu azalma daha çok düz yüzeylerdeki çürük lezyonları üzerinde etkili olmuştur. Dişlerinin oklüzal yüzeylerindeki pit ve fissürler plak tutulumunu destekleyen anatomileri nedeniyle en savunmasız diş yüzeyleridir. Dişlerin fırçalanması ve diş ipi kullanımını içeren rutin oral hijyen alışkanlıkları ara yüzler ve düz yüzeylerden besin artıklarının uzaklaştırılmasını sağlasa da pit ve fissürlerin temizlenmesi nispeten zordur. Diş çürüklerinin önlenmesinde en yaygın ve etkili yöntemlerden biri olarak görülen fissür örtücüler, fiziksel koruyucu bir tabaka oluşturan rezin materyallerdir. Fissür örtücüler, dişlerin pit ve fissürlerine mikro mekanik olarak tutunarak plak ve gıda kaynaklı debrisin birikmesini önler. Ayrıca karyojenik bakterileri ile bakteriyel metabolizma ürünü asitleri elimine ederek minenin demineralizasyonunu önlemektedir ⁷⁷⁻⁷⁹.

Fissür örtücüler başlangıç aşamasındaki çürük lezyonlarına uygulandığında fissür örtücü altında kalan mikroorganizmaların asit üretebilecekleri karbonhidratlara erişimini önleyerek çürük oluşturmalarını önlemektedir. Florür içerikli fissür örtücüler ise hem bakteriyel metabolizmayı inhibe etmekte hem de remineralizasyon sağlamaktadır ⁸⁰.

2.3.4. Plak Kontrolü

Mikrobiyal dental plağın çürük başlangıcı ve periodontal sağlık üzerindeki etkileri nedeniyle plağın etkin bir şekilde uzaklaştırılması hastalıkların önlenmesi için önem arz etmektedir. Plak kontrolü mekanik ve kimyasal yöntemler olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Mekanik plak kontrolü yöntemleri diş fırçalama, diş ipi ve arayüz fırçaları, ağız duşları ve profesyonel diş taşı temizliği işlemlerinden oluşmaktadır. ^{65,81}. Kimyasal plak kontrol yöntemleri ise plak mikroorganizmaları üzerinde antimikrobiyal etkili kimyasal ajanlar içeren diş macunları, gargaralar, spreiler, sakızlar ve verniklerden oluşmaktadır. Bunlar arasında en sık kullanılan kimyasal ajanlar gargaralar ve diş macunlarıdır ⁸². Plak kontrol yöntemleri içerisinde plağın uzaklaştırılmasında en etkili yöntemin mekanik yöntem olduğu bilinmektedir. Günlük diş fırçalama alışkanlıkları plağın uzaklaştırılmasında ve plak kontrolünün sağlanmasında kullanılan en etkili ve en güvenli yöntem olarak bilinmektedir ^{83,84}. Diş hastalıklarını önlemek için birincil

araçlarımız plağın mekanik olarak uzaklaştırılması ve diş yüzeyinin yeniden mineralizasyona teşvik edilmesidir. Plağı mekanik olarak uzaklaştırırken bunun kemoterapötik ajanlarla desteklenmesi plağı kontrol etmek için en pratik yöntemdir ⁸⁵.

2.3.4.1. Mekanik Plak Kontrolü

2.3.4.1.1. Diş Fırçaları

Bireylerin diş fırçalamayı rutin haline getirmesi plak birikimini ve buna bağlı periodontal hastalıklar ve çürük gibi plakla ilişkili hastalıkların riskini azaltmak için atabileceği en önemli adımdır. Plak kontrol yöntemleri arasında en etkili ve uygulaması en kolay mekanik yöntem diş fırçalamadır ⁸⁶. Florürlü diş macunu ile günde iki kez fırçalama günümüzde çoğu insanın günlük hijyen rutininin ayrılmaz bir parçasıdır. Dişlerin fırçalanması plağın mekanik olarak kontrolünün yanı sıra diş macunu vasıtası ile düzenli florür alınması ile diş çürüklerinin önlenmesinde de etkili olmaktadır ⁸⁷. Dental plağın etkin bir şekilde uzaklaştırabilmesi için çok farklı tipte tasarlanmış manuel diş fırçaları, üç boyutlu diş fırçası, titreşimli diş fırçaları, pil ve elektrikle çalışan diş fırçaları, ultrasonik diş fırçaları, parmak fırçaları, köpük fırçalar ve çiğnenebilir diş fırçaları bulunmaktadır. Fırçalamanın plak çıkarmayla ilgili etkinliği fırçanın tasarımı, fırçayı kullanan bireyin becerisi ve kullanım sıklığı ve süresi olmak üzere üç ana faktör tarafından belirlenmektedir ^{88,89}.

Parmak fırçası, anne/bakıcı tarafından elin parmağına takılan ve çocuğun dişlerini fırçalamak için kullanılan silikon fırçalardır. Parmak, dişleri ve diş eti yüzeyini hissedebildiği için parmak basıncının daha iyi kontrol edilmesini sağlayarak fırçanın daha az erişilebilir dişlere ve diş eti yüzeylerine ulaşmasına izin vererek diş yüzeylerinden plak çıkarılmasına yardımcı olur ⁹⁰. Okul öncesi çocuklarda manuel diş fırçası kadar etkili plak çıkarabildiğini gösteren çalışmalar olmasına karşın ⁹⁰; parmak fırçasının manuel diş fırçasından daha az plak çıkardığını ve manuel diş fırçasına kıyasla parmak fırçasının hiçbir yararlı etkisinin olmadığını gösteren çalışmalar da bulunmaktadır ⁹¹. Parmak diş fırçasının plak temizlemedeki etkinliğini değerlendirmek için daha büyük örneklem büyüklüğü ile daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

Üç boyutlu diş fırçaları dişlerin dış, iç ve çiğneme yüzeylerini aynı anda temizlemek için tasarlanmıştır. Süper fırça olarak da anılan bu tasarımda üç fırça başlığı

bir araya getirilmiştir. Fırça çiğneme yüzeyine yerleştirildiğinde, dişin her üç yüzeyi de aynı anda temizlenir böylece fırçalama süresini kısaltır. Doğan M. ve ark.,⁹² çalışmasında üç başlı süper fırçanın engelli bireyler de dahil olmak üzere çocuklarda etkili ve ucuz bir alternatif olabileceği sonucuna varmıştır^{89,92}.



Şekil 2.2. .Üç boyutlu diş fırçası

Çiğnenebilir diş fırçaları su olmadığında kullanılabilecek minyatür plastik diş fırçalarıdır, ancak yutulmamalıdır. Nane veya sakız gibi farklı tatlarda bulunurlar ve kullanımdan sonra atılmalıdırlar⁸⁹. Mladenovic ve ark.,⁹³ çiğnenebilir diş fırçasının geleneksel bir fırçaya karşı etkinliğini araştırdıkları çalışmalarında test edilen fırçaların etkinliğinde önemli bir fark olmadığını, her iki tip fırçanın da diş plağını temizlemede etkili olduğunu bulmuşlardır. Test edilen fırçaların etkinliğinde önemli bir fark olmaması geleneksel fırçaların kullanılmadığı durumlarda çiğnenebilir diş fırçalarının iyi bir alternatif olabileceğini göstermektedir. Bu çalışma, kullanım kolaylığı açısından özellikle özel gereksinimli kişilerde, motor beceri güçlükleri olan yaşlılarda ve daha ciddi derecelerde kas-iskelet sistemi bozukluğu olan hastalarda ve engelli hastalarda ağız sağlığının korunması ve geliştirilmesinde yararlı olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca çiğneme, özellikle otizmli veya DEHB (Dikkat eksikliği hiperaktivite bozukluğu) olan özel gereksinimli çocuklarda yaygın bir davranış olduğundan bu hasta grubunda ağız sağlığının korunmasında incelenen fırçaların etkinliğine ilişkin gelecek çalışmalar için başlangıç noktası olabilir.



Şekil 2.3. Çiğnenebilir diş fırçası

Köpük fırçalar, bir çubuğa tutturulmuş tek kullanımlık ağız bakım sünger çubuklarıdır. Özellikle entübe ve palyatif bakım hastaları, radyasyon tedavisi, kemoterapi, kemik iliği nakli alan veya bağışıklığı baskılanmış bireyler için oral ve sistemik enfeksiyon riskini azaltmak için ağız bakımında kullanımı önerilir ^{94,95}. Köpük fırçalar dişin servikal kenarında plak oluşumunu 2 mm'nin altında tutarak bazı plak önleyici özellikler gösterse de normal diş fırçalarının yerini tutmamalıdır. Hastanede yatan hastalar diş fırçası kullanamıyorsa, köpük fırça ile uygulanan klorheksidin kullanımı bir alternatif olabilir ^{96,97}.



Şekil 2.4. Köpük diş fırçası

Günümüzde piyasada bulunan diş fırçalarının çoğu sentetik (nylon) kıllarla üretilmektedir. Nylon kılların homojenliği, kıl boyutunun eşitliği, elastikiyeti, kırılmaya karşı dirençleri, su ve debrisleri püskürtmesi gibi özellikleri avantaj sağlamaktadır.

Diş fırçaları, bu kılların çapına göre yumuşak, orta veya sert olarak sınıflandırılır. Bu sınıflandırmaya göre 0.16 ila 0.22 mm çap aralıkları yumuşak, 0.23 ila 0.29 mm orta, 0.30 mm ve üstü ise sert fırça olarak gruplandırılır. Kıl çapına ek olarak, kılların sonlanma

şekilleri de plak kontrolü için önemlidir. Yuvarlak uçlu kıllara sahip fırçaların diş eti dokusu üzerindeki tahriş edici etkisi daha azdır.

Amerikan Diş Hekimliği Birliği (ADA)' nin ideal bir diş fırçası için belirlediği standart özellikler şu şekildedir:

- Fırçalama yüzeyi uzunluğu 24,5-31,8 mm
- Fırçalama yüzeyi genişliği 7,9 - 9,5 mm
- 2-4 sıra kıl demeti
- Her sırada 5-12 kıl demeti
- Her demette 80-86 kıl adedi ⁸⁹.

Yumuşak fırçalar, diş eti dokusu travması olasılığının azaltması ve proksimal alanları daha iyi temizlemesi nedeniyle çocuk diş hekimliğinde tercih edilir. Çocuklar için en iyi diş fırçası başlığını ve sapını değerlendiren Updyke ⁹⁸, ağız boşluğuna daha iyi erişim sağlaması ve çocuğun kavramasını kolaylaştırmak için daha küçük baş ve daha kalın sapa sahip diş fırçalarının kullanmasının en iyisi olduğu sonucuna varmıştır. Diş fırçasının boyutu ağız boşluğunun boyutuna göre düşünülmelidir. Bu da farklı yaş gruplarına göre değişmektedir

Tablo 2.1. Farklı yaş gruplarına göre ortalama fırça başlığı boyutları ⁸⁹.

Yaş	Fırça başlığı çapı
0-2 yaş	15 mm
2-6 yaş	19 mm
6-12 yaş	22 mm
12 ve üzeri	25 mm

2.3.4.1.2. Ara yüz Temizleyicileri

Diş fırçalama, mekanik plak kontrolünde en yaygın kullanılan yöntem olmasına rağmen, tek başına diş fırçalama tüm yüzeylerdeki plağı yeterince kaldıramaz. Özellikle, interproksimal plağın çıkarılmasında etkili değildir, bu da fırçalamanın ötesinde proksimal temizliğin gerekli olduğu anlamına gelir. En sık kullanılan ara yüz temizleyicileri; diş ipi, ara yüz fırçası, kürdan, ağız duşları ve tek demet fırçalardır ^{99,100}.

Diş ipi, interdental temizliğin en popüler yöntemidir. Supragingival ve subgingival dental plakları etkili bir şekilde giderdiği görülmüştür. Bununla birlikte, etkili

diş ipi kullanımı yüksek düzeyde el becerisi gerektirdiği için tüm çocuklar etkili bir şekilde diş ipi kullanamaz. Diş ipi kullanma ve plağı çıkarma yeteneği büyük ölçüde el ve göz koordinasyonuna ve yaşa bağlıdır ^{89,101}.

Ara yüz fırçaları, sap üzerine monte edilmiş koni biçimli fırçalar, tekli püsküllü fırçalar veya küçük konik fırçalardır. Geniş interdental boşluklara bitişik büyük düzensiz veya içbükey diş yüzeyini temizlemek için özellikle uygundur. Etkili bir temizlik için fırçanın çapı embraşür yapısından biraz daha büyük olmalıdır, böylece kıllar diş yüzeylerine hafif baskı yapabilir. İnterdental fırçalar ISO standardına göre sınıflandırılır, fırça boyutları 1 ile 7 arasındadır ^{101,102}.

Ağız duşları yüksek basınçlı su püskürten cihazlardır. Yapışık plağı temizleyemez ancak debrisleri ve gıda artıklarını fırça ve gargaradan daha etkili temizler. Özellikle ortodontik aparey, implant ve sabit protez çevresindeki erişilemeyen alanlardaki debrislerin giderilmesinde yardımcı olurlar. Diş fırçalamaya yardımcı olarak kullanıldığında, plak ve diştaşı birikimini geciktirerek periodontal sağlık üzerinde faydalı bir etkiye sahip olmaktadır ⁸⁹.

Ek olarak, gazlı bez veya özel diş temizleme mendilleri, bebeklerde diş etlerine masaj yapmak ve yeni çıkan dişlerdeki plakları çıkarmak için faydalıdır. Bu yardımcı maddeler hijyen sağlanmasına katkıda bulunmasına rağmen, diş fırçaları ve diş ipi mekanik plak çıkarmanın en etkili aracı olmaya devam etmektedir. Bu gereçler, temel araçların yerine değil, takviye olarak önerilmeli ve hastanın ve bakıcının bireysel ihtiyaçları, yetenekleri ve tercihleri dikkate alınmalıdır ⁸⁵.

2.3.4.2. Kimyasal Plak Kontrolü

Mekanik plak kontrol prosedürleri çoğunlukla ağız boşluğunun sert yüzeylerine odaklansa da ağız boşluğunun daha büyük yüzdesini oluşturan yumuşak dokular mikrobiyal birikime kaynaklık edebilir. Yapılan çalışmalar gargaralarda ve diş macunlarında bulunan kimyasal plak önleyici ajanların yumuşak doku yüzeylerinde biyofilm büyümesini kontrol ederek dişlerde mikrobiyal birikmeyi geciktirebileceğini göstermiştir. Yumuşak doku biyofilmlerini etkileyen kimyasal antimikrobiyal ajanların günlük kullanımının diş yüzeylerinde plak birikimini geciktirebileceği düşünülmüştür ^{103,104}. Çeşitli kimyasal ajanlar, dental plağın etkili bir şekilde uzaklaştırılması için mekanik plak kontrolüne yardımcı rol oynar. Günlük ağız bakım rutinine mekanik plak

kontrolünün yanında antimikrobiyal kemoteröpatiklerin eklenmesinin plak kontrolünün sağlanmasını kolaylaştırdığı ve gingivitise karşı korunmada etkili olduğu bildirilmiştir. Çeşitli periodontal hastalıkları ve immunsupresyon gibi tıbbi özel durumları olan bireyler ağız sağlığının normal halini korumak için mekanik temizliğe ilave olarak kimyasal ajanların desteğine ihtiyaç duyarlar. Engelli hastalarda da mekanik plak kontrolü yetersiz kaldığından bu popülasyonda kimyasal ajanların kullanımına olan ilgi artmıştır^{85,101,105}. Kimyasal ajanlar diş macunları, gargaralar, spreyleyler, sakızlar ve vernikler gibi farklı formlarda kullanıma sunulmuştur. Bu ajanlar arasında en sık diş macunları ve gargaralar kullanılmaktadır¹⁰².

2.3.4.2.1. Gargara ve Solüsyonlar

Ağız gargaraları tatlandırıcı, renklendirici, koruyucu ve anyonik deterjanlar ve/veya etil alkol içeren, ferahlık sağlayan antiseptik etkili sulu solüsyonlardır. Sadece supragingival bölgede etkilidir, irrigatör ile kullanılırsa 1 mm' den daha derin bölgelerde etkili olabilir. Gargaralar yiyecek artıklarını uzaklaştırmak, ağız kokusunu gidermek, ağızda hoş bir tat bırakmak ve bakteri sayısını azaltmayı amaçlamaktadır. Gargaralar metal iyonları, kuarterner amonyum bileşikler, bitkisel alkoloidler, katyonik organik moleküller, oksijenasyon ajanları, fenol ve yüzey düzenleyici içeriklerine göre gruplandırılabilir¹⁰⁶.

Klorheksidin kimyasal plak kontrolünde birincil ajan olarak kabul edilir. Geniş spektrumlu antibakteriyel aktivite, düşük toksisite, deri ve mukoza membranlarına bağlanma için güçlü afiniteye sahip katyonik bir bisbiguaniddir. Düşük konsantrasyonda bakteriyostatik yüksek konsantrasyonda bakterisidal etki gösterir. Klorheksidin gargaranın % 0.2 konsantrasyonda kullanımının gingivitis gelişimini engellediği gösterilmiştir¹⁰⁷. Klorheksidin oral mukoza ve diş kaynaklı pelikül üzerindeki anyonik glikoproteinler ve fosfoproteinlerle bağlanır. Tek bir uygulamadan sonra, tükürükte 5 saate kadar antibakteriyel aktivite gösterirken, oral yüzeylerde 12 saatten fazla etkili olduğu gösterilmiştir^{85,89}. Bütün bu avantajlarına karşın, dişlerin ve dilin kahverengiye boyanması, supragingival diş taşı oluşumu, tat değişikliği, çocuklarda oral deskuamasyon, alerjik reaksiyon, mukozal erozyon, parotis şişmesi gibi bazı dezavantajları bildirilmiştir¹⁰⁸.

En yaygın olarak bilinen fenol içerikli antiseptik ajan Listerine' dir. Mentol ve metil salisilat ile karıştırılmış fenol grubu uçucu yağlar timol ve okaliptolün bir kombinasyonudur. Plak oluşumu ve gingivitisin kontrol edilmesine yardımcı olması nedeniyle Amerikan Diş Hekimleri Birliği (ADA) tarafından kabul edilen reçetesiz satılan ilk gargara'dır. Yan etkileri arasında başlangıçta yanma hissi ve acı tat bulunmaktadır^{89,109}.

Doğal içerikler arasında gargaralar ve macunlara en sık eklenen ajanlarda sanguarin ve propolis öne çıkmaktadır. Sanguinaria Canadensis bitkisinden elde edilen bir alkaloid olan sanguarin etkili bir plak inhibitör ajandır. Propolis, arılar tarafından üretilen doğal bir üründür Antiseptik, antienflamatuar, antimikotik ve bakteriyostatik özellikleri nedeniyle ağız gargaralarında etkili bir ajan olduğu ileri sürülmüştür¹¹⁰.

2.4. Diş Macunları

2.4.1. Diş Macununun Tanımı ve Tarihçesi

Dişlerin ulaşılabilir yüzeylerinin temizlenmesi amacıyla diş fırçası ile birlikte kullanılan madde olarak tanımlanan diş macunları piyasada toz, macun ve jel olmak üzere farklı formlarda bulunmaktadır ¹¹¹. Diş macunları çağlar boyunca, diş temizliği, estetik, ağızdaki rahatsız edici kokuların giderilmesi, dişlerin güçlendirilmesi, diş ağrısının hafifletilmesi ve salgın hastalıkların önlenmesi için profilaktik olarak kullanılmıştır ¹¹². Milattan önce 4000' li yıllara uzanan veriler derlenerek milattan önce 1500' lü yıllarda yazılan Mısırlıların medikal kitabı The Ebers Papyrus diş temizlemek için kullanılan bir malzeme tarifi içermekteydi ¹¹³. Eski Mısırlılar ilk olarak öncelikle dişlerdeki kalıntıları gidermek amacıyla öküz toynakları, mür, yumurta kabukları ve pomzadan toz haline getirilmiş küller içeren bir diş kremi geliştirmiştir. Persler daha sonra MÖ 1000 civarında alçıtaşı, otlar ve bal ile birlikte salyangoz ve istiridye kabuklarını ekledi. Yaklaşık 1000 yıl sonra, Yunanlılar ve Romalılar toz karışımına ezilmiş kemikler ve istiridye kabukları gibi daha fazla aşındırıcı eklemişlerdir. Ayrıca ilk olarak Romalılar kötü kokuya yardımcı olan ve macunlarını daha lezzetli hale getiren aromalar eklemişlerdir. Aynı zamanda, Çin ve Hindistan' da toz / macun kullanıyordu. Özellikle Çinliler, diş macunlarını ginseng, bitkisel nane ve tuz gibi aromalar ile formüle ediyorlardı. Eski diş macunlarıyla ilgili en yaygın sorunlar, yüksek aşındırıcılık, kötü tat ve yüksek maliyettir. 18. yüzyılın sonunda uygun bir köpürme etkisi üretmek için boraks tozu eklendi. Tozları bir macun haline getirmek, daha lezzetli hale getirmek ve macunun kurummasını önlemek için 19.yüzyılın başlarında gliserin eklendi. 1873 yılında diş macunu o zamanlar Colgate & Co tarafından bir kavanozda seri olarak üretildi. 1914'te diş macunlarına florürün girişi ile önemli bir atılım gerçekleşti. Bununla birlikte, ilk florürlü diş macununun ne zaman satıldığı belirsizdir. II.Dünya Savaşı'ndan sonra sentetik sürfaktanların gelişimi, günümüzde diş macunlarında en yaygın olarak kullanılan sürfaktan olan sodyum lauril sülfatın (SLS) kullanılmasına yol açmıştır. 1956'da tüm Amerike Birleşik Devletleri (ABD) genelinde tanıtılan Crest diş macunu, dünyadaki ilk kitlesel pazarlanan florürlü diş macunu olmuştur. Üreticiler, daha iyi florür biyoyararlanımı, daha düşük aşındırıcılık, daha iyi leke çıkarma ve ferah nefes için formülasyonlarını giderek geliştirmiştir. Ayrıca, diş macunları, çeşitli ağız hastalıkları ve durumlarıyla mücadele etme ve kozmetik faydalar

sağlama umuduyla aktif bileşenlerin dahil edilmesi nedeniyle “çoklu görevliler” haline gelmiştir. Supragingival plak ve diş taşı oluşumunu kontrol etmek için 1980' lerde antiplak ajanlar tanıtılmıştır ¹¹⁴. Günümüzde ise diş macunu formülleri hala gelişmeye devam etmektedir.

2.4.2. Diş Macunlarının İçerikleri

Diş macunlarının içeriği üretici firmaya göre değişkenlik gösterse de birçok diş macununun formülünde aynı tipte ajanlar yer almaktadır. Diş macunu içeriğinde genellikle mekanik temizleyiciler, nemlendiriciler, su, yüzey aktif ajanlar, bağlayıcı ajanlar, tatlandırıcılar, koruyucular ve tedavi edici aktif ajanlar bulunmaktadır ¹¹³.

2.4.2.1. Mekanik Temizleyiciler (Abrazivler, Aşındırıcılar, Parlaticılar)

Diş macunlarında kullanılan abrazivler genellikle çözünür olmayan inorganik tuzlardan oluşur. Kalsiyum karbonat ve kalsiyum fosfatlar önceleri en sık kullanılan abrazivler olup, dikalsiyum fosfat, çözünmeyen sodyum metafosfat, kalsiyum pirofosfat ve kalsiyum ortofosfat gibi fosfat tuzlarını içermektedir. Bu ajanlar, sıklıkla florür ile ters reaksiyona girerek florürün etkisini azaltmaktadır. Diğer abrazivler ise kalsiyum ve magnezyum karbonatlar, hidrate alüminyum oksitler, çeşitli silikalar ve dehidrate silika jelleridir. Yeni silikalar, silikon oksitler ve alüminyum oksitler diş macunları formüllerinin içerisine ilave edilmekte ve bunların daha etkin oldukları iddia edilmektedir ¹¹⁵.

Abraziv ajanlar yumuşak aşındırma işlemi ile dişlerden plağın uzaklaştırılmasına yardımcı olarak plak birikimini azaltır, dişler üzerinden boyanmış pelikülü uzaklaştırır, yüzeyleri parlatır, doğal parlaklığı sağlar ve bunların etkisi ile minenin beyazlığını artırır. Aşındırıcılık derecesi, aşındırıcının doğal sertliğine, aşındırıcı parçacığın boyutuna ve parçacığın şekline bağlıdır. Diş macununun aşındırıcı potansiyelini etkileyebilecek diğer bazı değişkenler ise fırçalama tekniği, fırça üzerindeki basınç, kılların sertliği, vuruşların yönü ve vuruş sayısıdır. Aşındırıcı partikülün diş macunu formülünün parçası olarak gösterdiği etki tek başına gösterdiği etkiden farklı olabilir. Ayrıca bireylerin tükürük özellikleri de aşındırıcılığı etkileyebilir ¹¹⁵. Bu sebeplerle mineye veya altındaki daha yumuşak olan dentine zarar vermeden veya çizmeden temizleyebilmek ve parlatabilmek için abraziv ajan çok dikkatli seçilmelidir ¹¹⁶.

2.4.2.2. Nemlendiriciler

Nemlendiriciler, diş macunu yapısında oluşabilecek nem kaybını önleyerek macunun sertleşme riskinin önüne geçilmesini, pürüzsüz ve parlak bir görünüm ve homojen bir dağıtım sistemi sağlamak için kullanılmaktadır ¹¹⁷. Diş macunu uzun süre havaya maruz kaldığı zaman içerisindeki katı maddeler çöker ve su buharlaşır. Bu durum geriye kalan macunun sertleşmesine yol açar. Çoğu diş macununun raf ömrü 1930' lara kadar bu problem nedeniyle kısa olmuştur. Tüp açıldıktan sonra, ilk dışarı atılan macun çok sıvı olup tüpteki son macun tüpten çıkarılamayacak kadar katı olduğu için bu sorunu çözmek amacı ile nemi koruyan nemlendiriciler ilave edilmiştir ¹¹⁵. Temel olarak macun formülasyonundaki diğerk yardımcı maddeler ile uyumluluğuna ve hammadde maliyetine dayanarak gliserin ve sorbitol, bu amaç için en yaygın olarak kullanılan bileşiklerdir. Nemlendirici olarak gliserin ve sorbitole ek olarak propilen glikol, ksilitol, mannitol, izomalt ve eritritol kullanılmaktadır ¹¹⁴. Bu nemlendiriciler toksik değıldir, ancak varlığında küf veya bakteriyel büyüme meydana gelebilir. Bu nedenle sodyum benzoat gibi koruyucular eklenir ¹¹⁵.

2.4.2.3. Bağlayıcı, Koyulaştırıcı veya Yoğunlaştırıcı Ajanlar

Diş macunu formülasyonunu stabilize ederek sıvı ve katı fazların ayrılmasını önler. Bağlayıcı veya koyulaştırıcı %0,5–2,5 oranında kullanılmakta olup diş macununun stabilitesini ve yoğunluğunu kontrol eder. Doğru bağlayıcıyı ve doğru konsantrasyonu seçmek önemlidir. Bu şekilde ürün tüpten rahatlıkla sıkılabilir, fırça üzerine konduğunda iyi bir görünüm sergiler. Genel olarak kullanılan bağlayıcılar, suda çözünenler; sodyum karboksimetilselüloz, kıkırdaklı deniz yosunları, aljınatlar iken suda çözünmeyenler; magnezyum alüminyum silikat, sodyum magnezyum silikat ve koloidal silika olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır ¹¹⁶.

2.4.2.4. Yüzey Aktif Ajanlar

Yüzey gerilimini düşüren yüzey aktif maddeler yemek artıklarının uzaklaştırılmasını kolaylaştırır, köpürmeyi sağılar ve ürünün ağız içinde dağılmasına yardım eder ¹¹³. Sabunun köpük oluşturma ve kayganlaştırma özelliğı göz önünde bulundurularak bu amaçlarla ilk olarak sabun yüzey aktif ajan olarak seçilmiştir. Fakat

müköz membranı irrite edebilmeleri, tadını maskeleyen zoruğu, bulantıya sebep olması ve kalsiyum gibi diğr macun bileşenleri ile kimyasal olarak uyum göstermemesi sebebiyle kullanımından vazgeçilmiştir. En sık kullanılan yüzey aktif ajanlar; sodyum lauril sülfat, sodyum lauril sarkosinat, sodyum kokosarkosinat, kokomidopropil betain, polietilen glikol, anyonik alkali sülfonatdır ¹¹⁴. Sodyum Lauril Sülfat (SLS), günümüzde en yaygın olarak kullanılan deterjandır. Kararlı yapıda olup düşük yüzey gerilimi ile macunun dış yüzeyinde kolayca akmasını sağlar. SLS, nötral pH’da aktiftir, tadı kolaylıkla maskelenebilir ve macunun içeriğindeki diğr maddelerle uyum gösterir ¹¹⁵. Dış macunlarında genellikle %1-2 konsantrasyonda bulunmaktadır. Köpürücü ajan olarak işlev gören SLS antimikrobiyal etkiye sahiptir; mikroorganizmaları öldürür, yüzey enerjisini düşürür ve proteinleri denatüre eder ¹¹⁸. Buna karşın SLS’ nin toksik etkilerini gösteren araştırmalar da mevcuttur. Klinik çalışmalarda, SLS’ nin neden olduğu oral epitel yıkımı, ülserasyonlar ve inflamasyon gözlenmiştir ¹¹⁹.

2.4.2.5. Tatlandırıcılar

Dış macunlarının aroma, koku, renk ve dayanıklılığı toplum tarafından tercih edilmesini sağlayan özelliklerdendir. Kullanım sırasında ağızda ferahlık, tazelik hissi bırakması için dış macunlarına tatlandırıcılar ilave edilmektedir. Nane, limon, anason, okaliptüs, çeşitli meyve esansları gibi tatlandırıcılar da dış macunu yapısına katılmaktadır ⁴. Dış macunlarına eklenen temel karyojenik olmayan tatlandırıcı ajanlar olan sakarin, siklamat, sorbitol ve mannitoldür. Sorbitol ve mannitolun hem tatlandırıcı hem de nemlendirici etkisi vardır. Nemlendirici olarak kullanılan gliserinin tatlandırıcı etkisi de vardır. Bazı dış macunlarında kullanılan yeni bir tatlandırıcı olan ksilitolün bakteriler tarafından metabolize edilemediği; dolayısı ile asit oluşumuna yol açmadığı laboratuvar çalışmaları ile gösterilmiştir ¹¹⁵.

2.4.2.6. Terapötik Ajanlar

Dış macunu oral sağlığı iyileştirmek için mükemmel bir araçtır bu nedenle birçok farklı terapötik ajan eklenebilir. Bu ajanlar şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Plak oluşumunu önleyen, antibakteriyel özelliğe sahip ajanlar,
- Çürük önleyici ajanlar,

- Diş taşı oluşumunu azaltıcı ajanlar,
- Hassasiyet giderici ajanlar,
- Beyazlatıcı ajanlar ¹¹⁶.

2.4.2.6.1. Bakteri Çoğalmasını ve Plak Oluşumunu Önlemeye Yönelik Olan Diş Macunları

Diş macunlarına plağın yeniden oluşmasını yavaşlatan, bakteriyel çoğalmayı engelleyen ajanlar ilave edilebilir. Bu ajanlar etkilerini bakteriyel tutunmayı önleyerek, bakteriyel çoğalmayı engelleyerek, plağı uzaklaştırarak ve plak ekolojisini değiştirerek gösterebilirler ¹²⁰. Bisguanid, kuarterner amonyum bileşikleri, fenol, heksetidin, povidin iyodin, triklosan, delmopinol, saliflor, metal iyonları, sanguinarin, propolis ve oksijenize ajanlar; antibakteriyel ve antiplak etki gösteren ajanlardır ¹²¹. Ayrıca probiyotik ve ksilitol içeren diş macunları da popülerlik kazanmaktadır. Ksilitol varlığında *S. mutans* üreme hızı yavaşlar, yüzeylere yapışabilirlikleri azalır, proteolitik aktiviteleri artar, sakkarozdan asit oluşturabilme güçleri azalır ⁴¹. Probiyotikler ağız boşluğunda ağız dokuları için koruyucu tabaka olarak bir biyofilm oluşturarak bakteriyel patojenlerin yapışmasını engeller ¹²². Probiyotikler karyojenik bakterilerin ve periodontal patojenlerin büyümelerine karşı rekabet eder ¹²³.

2.4.2.6.2. Çürük Önleyici Diş Macunları

Çürük oluşumunu önlemek amacıyla diş macunlarına ilave edilen terapötik ajanlardan en sık kullanılanı florürdür ¹¹⁵. Florürlü diş macunu ile fırçalama esnasında plak tamamen kaldırmamış olsa bile plak içindeki patojenik bakterilerin gelişimini inhibe ederek periodontal hastalık riskini azaltabilir. Florürlü diş macunları, çocuk ve adolesanlarda diş çürüklerini süt dentisyonda % 37, daimi dentisyonda % 24 azaltır ¹²⁴. Ayrıca bir meta analizi florürün her yaştan erişkinlerde çürüğü önlemede etkili olduğu sonucuna varmıştır ¹²⁵. Diş macunu formülasyonunda kullanılan bazı abrazyivler florür ile etkileşerek florürün etkinliğini azaltabilir. Kalsiyum karbonat ve dikalsiyum fosfat, florür ile ters reaksiyona girer ve çözünürlüğü çok az olan kalsiyum florür oluşur. Bu durumda macunun çürük önleyici etkisi kaybolur veya büyük oranda azalır. Florürlü diş macunlarının etkinliği konsantrasyona bağlıdır ve içeriğindeki aktif florür seviyesinin macunun raf ömrü boyunca muhafaza edilmesi gerekmektedir ²¹. Diş macunu

formülasyonlarında amin florür, kalay florür (SnF₂), sodyum florür (NaF) ve sodyum mono florürofosfat (MFP) gibi çeşitli florür formları kullanılmıştır. Bu farklı florür tuzlarının göreceli etkinliği çok tartışılan bir konu olmuştur ^{126,127}, ancak sistematik bir inceleme bunların eşit derecede etkili olduğu sonucuna varmıştır ¹²⁴.

2.4.2.6.3. Diş Taşı Oluşumunu Önlemeye Yönelik Olan Diş Macunları

Supragingival diş taşı mineralize bir plaktır ve kontrolüne yönelik bir yaklaşım, kristal büyümesi inhibitörleri tarafından mineralizasyonun inhibisyonudur. Bu tür inhibitörler, pirofosfatlar, fosfonatlar, çinko tuzları ve metil vinil eter ve maleik anhidritin kopolimeri gibi kimyasalları içerir ¹²⁸. Florür içeriği 1450 ppm olan silika bazlı çinko sitrat trihidrat ve triklosan içeren bir diş macununun klinik denemesi, diş taşını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir ¹²⁹. Bir dizi çalışma, % 3,3 çözünür pirofosfat içeren diş macunlarını değerlendirmiş ve diş taşı oluşumunda önemli düşüş bildirmiştir ^{130,131}. Pirofosfat içeren formülasyonlara bir kopolimerin (polivinil eter ve maleik asit) eklenmesinin, diş taşını azaltmadaki etkinliklerini artırdığı bulunmuştur ^{132,133}.

2.4.2.6.4. Dentin Hassasiyetini Gidermeye Yönelik Olan Diş Macunları

Hassasiyeti tedavi etmek için nöral uyarıların iletimini engelleyenler ve dentin tübüllerini bloke eden ve tıkayanlar olmak üzere iki grup ürün kullanılmaktadır. Potasyum nitrat (% 5), potasyum klorür (% 3.75) ve potasyum sitrat (% 5. 5) tuzlarının her biri sinir iletimini engelleyen %2 potasyum iyonu sağladığı için birçok ülkede birbirinin yerine kullanılmaktadır. Klinik çalışmalarda, potasyum bazlı diş macunlarının duyarlılıkta ölçülebilir azalma sağlaması için günde iki kez en az iki hafta kullanılması gerektiği gösterilmiştir. Klinik veriler, her üç potasyum formunun, normal bir florürlü diş macunu ile karşılaştırıldığında hassasiyeti azaltmada etkili olduğunu göstermektedir ^{134,135}. Stronsiyum klorür ve kalay florür, tübüllerin tıkanması prensibini içerir. Bu ürünler, günde iki kez kullanımdan dört hafta sonra hipersensitivitede önemli düşüşler sağlar ^{136,137}. Etki prensibi dentin tübüllerini tıkamak olan yeni bir formülasyon % 8 arginin, kalsiyum karbonat ve sodyum mono florofosfat olarak 1450 ppm florür içerir ¹³⁸. Birkaç klinik çalışma, bu ürünün etkinliğini göstermiştir ¹³⁹.

2.4.2.6.5. Dişleri Beyazlatmaya Yönelik Olan Diş Macunları

Bugüne kadar elde edilen kanıtlar, diş macunundaki birincil leke çıkarıcı bileşenin abraziv içerikler olduğunu, ancak bazı diş macunlarının aşındırıcı temizliği artıran ek kimyasal maddeler içerdiğini göstermektedir. Bu macunlar genellikle mekanik olarak etki ederek yüzey lekelerini kumlama ile ortadan kaldırırlar; sodyum bikarbonat, silika gibi abrazivler ve diğer bileşenleri ile leke molekülleri arasındaki bağları koparırlar. Aktif bileşen olarak lekeleri azaltan enzimler içerir. Bu enzimler plak ve lekelerin tutunduğu pelikül proteinlerini çözerler ¹⁴⁰⁻¹⁴². Değerlendirilen bir dizi beyazlatıcı bileşen arasında enzimler (bromain kompleksinin doğal meyve enzimleri, sitroksain gibi), peroksit, yüzey aktif maddeler, sitrat, pirofosfatlar ve heksametafosfat yer alır. Minerallere karşı yüksek afiniteye sahip olan pirofosfatlar, beyazlatmanın sağlanmasına ve renkleşmenin kontrol altına alınmasına yardımcı olurlar ^{19,143}.

Beyazlatıcı diş macunu bileşenlerinin bir kısmı laboratuvar çalışmalarında ¹⁴², leke çıkarmada etkilidir ancak klinik yararlarının değerlendirilmesi tartışmalıdır. Titanyum dioksit, beyaz pigment içeren beyazlatıcı macunlar ise düzensiz yüzeylere tutunarak daha beyaz görünümlü diş ilüzyonu yaratırlar ¹⁴⁴. Beyazlatıcı diş macunlarının bir kısmı % 0.5 ile % 1.5 arasında hidrojen peroksit içermektedir. Uzun dönem kullanımlarında iç lekelenmeleri uzaklaştırmada yardımcı olabileceği ancak; uzun dönem kullanım da bile efektif olamayabileceği bildirilmiştir ¹⁴².

2.4.2.7. Renklendirici ve Koruyucular

Renklendiriciler diş macunlarına mavi, yeşil ve beyaz başta olmak üzere çeşitli renkleri veren maddelerdir. Bunlar arasında en sık titanyum dioksit diş macunlarına beyaz renk vermek için kullanılmaktadır.

Macun içeriğindeki organik bağlayıcılar ve nemlendiricilerin üzerinde bakteri büyümesini engellemek amacı ile eklenen koruyucu maddeler alkol, benzoat, formaldehit ve iki klorürlü fenol türü maddelerdir ¹⁴⁵.

2.4.2.8. Su

Diş macunu içeriğinde ortalama % 20-40 oranında bulunur. Macun içerisindeki en ucuz bileşen olan su inorganik aktif içerikler ve özellikle florür için en önemli

çözücüdür ^{114,145}. Aktif maddelerin stabilitesini ve biyoyararlanımını azaltabilecek kalsiyum ve eser elementlerin giderilmesi için önce suyun arıtılması gerekir. Sulu olmayan formülasyonlar, inorganik aktif bileşenlerin katı halde mevcut olmaları ve hedef dokular ile etkileşime girmeden önce tükürük ile çözülme gerekliliğinin dezavantajına sahiptir. Dolayısıyla su önemli bir yardımcı maddedir ¹¹⁴.

2.5. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinler

Poliasit modifiye kompozit rezinler, kompozit rezinlerin ve cam iyonomer simanların bir takım özelliklerini barındıran hibrit restoratif materyaller olup ilk olarak 1990' ların başlarında yeni bir dental materyal sınıfı olarak tanıtılmıştır ^{146,147}. Poliasit modifiye kompozit rezinler için yaygın olarak kullanılan “kompomer” (=compomer) terimi, “COMPOSITE” ve “ionOMER” kelimeleri kullanılarak türetilmiştir ¹⁴⁸. Farklı firmaların içeriklerinde rezin ve cam iyonomer oranları değişse de bu oran genellikle %70-80 kompozit rezin ve %30-20 cam iyonomer şeklindedir. Rezin içeriği oransal olarak fazla olduğu için kompozite yakın fiziksel özellikler gösterir ¹⁴⁷. Kompozite yakın fiziksel özellikleri, cıva salınımının sağlık üzerindeki olumsuz etkileri ve yarattığı tartışmalar nedeni ile amalgama alternatif olması, estetik olarak kabul edilebilir olmaları, florür salımı ve basit kullanım özellikleri ile kompomerler giderek daha popüler hale gelmiştir ¹⁴⁹⁻¹⁵¹.

2.5.1. Endikasyonları:

- Süt dişleri restorasyonları
- Sınıf III kaviteler
- Kök çürüğü lezyonları
- Servikal erozyon, abrazyon lezyonları ve sınıf V kaviteler
- Kırılmış dişlerin geçici tamiri
- Daimi dişlerde geçici dolgu materyali
- Fissür örtüleme
- Ortodontik bantların yapıştırılması
- Açık sandviç tekniği
- Diş kronunun yarısının kaldığı olgularda krona destek amacıyla ‘core’ yapımında kullanılabilirler ^{152,153}.

2.5.2. Kontraendikasyonları

- Direkt veya indirekt pulpa kaplamaları
- Yeterli izolasyonun sağlanamadığı durumlar
- Dimetakrilat reçine veya yapısındaki diğer herhangi bir bileşene bilinen alerjisi olan bireylerde
- Sınıf I ve Sınıf II kavite genişliğinin tüberküller arası mesafenin 2/3'ünden fazla olduğu durumlarda
- Tam seramik kron restorasyonlarda kor yapımı
- Polimerizasyonu bozduğu için çinko oksit öjenol siman veya öjenol içeren diğer materyaller ile birlikte kullanılmamalıdır ^{150,154}.

2.5.3. Avantajları

- Kompozite benzer estetik özellikler gösterir
- Diş sert dokularına bağlanabilir
- Geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomerlere göre fiziksel ve mekanik özellikleri daha güçlüdür
- Fiziksel ve mekanik özellikleri iyidir
- Uygulanmaları kolaydır
- Az da olsa florür salma özellikleri vardır
- Biyolojik olarak uyumludurlar
- Bitirme ve cila işlemleri kolaydır
- Radyoopasite gösterirler
- Klinik ömürleri uzun sürelidir ^{152,153}.

2.5.4. Dezavantajları

- Florür salımının sınırlıdır
- Kompozitlerden daha zayıf fiziksel özellik gösterirler ve daha kolay aşınırlar
- Zamanla su absorbe ederek genişler
- Uygulama esnasında adeziv sisteme ihtiyaç duyarlar

- Işığın ulaşamadığı alanlarda yetersiz polimerizasyon ve artık monomer serbestleşmesidir ^{152,153}.

2.5.5. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinlerin Özellikleri

2.5.5.1. İçerikleri

Kompomerler; esasen rezin (UDMA, HEMA ve TCB) ve asit monomerlerden oluşur. Florür salan silikat camlı poliasit ile modifiye edilmiş monomerler içerir ve su olmadan formüle edilir. Çeşitli polimerize edilebilir monomerlere ek olarak geleneksel cam iyonomerlerin aksine polimerize olabilen çift bağlara sahip dikarboksilik asitlerini de içerir. Ayrıca florosilikat cam, reaksiyon başlatıcılar, stabilizörler ve pigmentler bulunur ¹⁵⁵. Kompomerlerin temel özelliği su içermemeleri ve bileşenlerin çoğunun kompozit rezinler ile aynı olmasıdır. Tipik olarak bunlar bisfenolglisidil metakrilat (BISGMA) veya türevleri gibi büyük makro-monomerler ve / veya trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) gibi viskoziteyi azaltan seyrelticilerle harmanlanır. Bu polimer sistemleri kuvars veya silikat cam gibi reaktif olmayan inorganik tozlarla doldurulur. Bu tozlar dolgu maddesi ile matris arasındaki bağı desteklemek için bir silan ile kaplanır. Doldurucu partikül hacim yüzdesi % 42 ile % 67 arasında değişir ve ortalama doldurucu partikül boyutu 0,8 ila 5,0 µm arasında değişir. Ayrıca kompomerler asidik fonksiyonel gruplar içeren geleneksel kompozitlerden farklı ek monomerler içerir. Bu tipte en yaygın olarak kullanılan monomer bütan tetrakarboksilik asit ile 2-hidroksietil metakrilatın bir di-esteri olan TCB (bütan tetra karboksilik asit)' dir. Bu asit fonksiyonlu monomer çok küçük bir komponenttir. Cam iyonomer teknolojisinde bulunan reaktif floroalüminyum silikat camları kompomerlere de katılmaktadır. Bu ilave bileşenlerin mevcudiyetine rağmen kompomerler kompozit reçinelere benzerdir; çünkü temelde hidrofobiktir ancak bu özellikleri geleneksel kompozitlerden daha azdır. Diş dokularına bağlanma yeteneğinden yoksundurlar, bu nedenle geleneksel kompozit rezinlerde kullanılan tipte bağlanma ajanları gerektirir. Sertleşme reaksiyonu esas olarak ışık ile polimerizasyon ile gerçekleşir, asit-baz reaksiyonu ise kompomer yerleştirildikten sonra tükürük temas ile su emilimi sonucu meydana gelir. Su emilimi florür transferi için de önemlidir. Kompomerler cam ve hibrit iyonomerlere benzer bir mekanizma ile florür salmaktadır. Kompomerlerde mevcut olan daha düşük cam iyonomer miktarı nedeniyle florür salınımı

miktarı ve süresi cam ve hibrit iyonomerlerden daha düşüktür. Kompomerler florür uygulaması veya florürlü diş macunları ile fırçalamada cam ve hibrit iyonomerler kadar şarj olmazlar ^{152,156,157}.

2.5.5.2. Sertleşme Reaksiyonu

Poliasit modifiye kompozit rezinler dual-cure sertleşme reaksiyonuna sahiptirler. Sertleşme reaksiyonu esas olarak görünür ışıqla polimerizasyon ile gerçekleşir, asit-baz reaksiyonu ise kompomer tükürük ile temas edip suyu emdiğinde meydana gelir. İlk sertleşme reaksiyonu 470 nm dalga boyunda maksimum yoğunlukta ışık yayan bir cihaz ile gerçekleştirilir. Polimerizasyon ışık uygulanması sonrası kamforkinon / amin sistemi ile başlatılır, rezinin fotopolimerizasyonu ile monomerler arasında çapraz bağların oluşumu ile gerçekleşir. Işığın uzaklaştırılmasından sonra, polimerizasyon reaksiyonunun çok düşük bir oranda olmakla birlikte 60 saate kadar devam ettiği gösterilmiştir ¹⁵⁸. Bu aşamada materyal içerisinde su bulunmadığı ve iyon değiştirme işlemi gerçekleşmediği için TCB molekülleri üzerindeki karboksilat grupları aktif değildir. Su içermemesi kabın içindeki malzemenin erken sertleşmesini önlemek için gereklidir, sertleşme reaksiyonun ancak fotopolimerizasyon ile başlatılmasını sağlar. Su emilimi, dolgu malzemesi maksimum su içeriği seviyesine ulaşana kadar birkaç ay boyunca devam eder; ağırlıkça en fazla % 3 oranında su alınır. Bu, restorasyon boyunca yayılır ve stronsiyum florosilikat cam ile monomerin polikarboksilat grupları arasında asit-baz reaksiyonu meydana gelir. Bu asit-baz reaksiyonu, matrisin daha fazla çapraz bağlanmasına ve az miktarda florür salınmasına yol açar ^{155,157,159}.

Materyal boyunca yeterli polimerizasyonun sağlanması önemlidir ve polimerizasyon derinliği ışıkla sertleşen kompomerler için dikkate alınması gereken bir konudur. Üst katmanların alt katmanlardan daha iyi polimerize olmasına yol açar. Renk de polimerizasyonu etkiler, koyu renkler ışığı daha fazla atenuë eder. Bu problemler klinik uygulamada teknikle aşılmaktadır. Bu teknikler materyalin 2 mm' yi aşmayan tabakalar halinde yerleştirilmesini, ışıkla sertleştirilmesini ve ardından bir sonraki katmanın yerleştirilmesini içermektedir¹⁶⁰. Geleneksel kompozitler gibi, kompomerlerdeki polimerizasyon reaksiyonu malzemenin toplam hacminde bir büzülme ve buna karşılık gelen büzülme stresi ile ilişkilidir. Deneyler bu büzülme stresi değerlerinin farklı ticari markalar arasında büyük ölçüde farklı olduğunu ve 1.27 ila 3.41

MPa arasında değiştiğini göstermiştir ¹⁶¹. Tipik bir kompomer ağırlıkça yaklaşık % 70 doldurucu partikül içerir ve polimerizasyon bzlmesi% 3-4'tür ¹⁵⁹.

2.5.5.3. Su Emilimi ve Florür Salınımı

Kompomerlerin ayırt edici özelliği, polimerizasyon reaksiyonu gerçekleştikten sonra, materyalin yapısına su alabilmesidir. Bu, karboksilik fonksiyonel monomerin asidik karakterini aktive eder ve bununla birlikte bir asit-baz reaksiyonunu tetikler. Asit fonksiyonel monomerin su emilimine bağlı asit-baz reaksiyonunun bir sonucu olarak poliasit fazına katılmasının ardından florür salımı için müsait hale gelir ¹⁵². Su emiliminin ve ardından nötralizasyonun etkisi karmaşıktır ve basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve iki eksenli eğilme dayanımını gibi mekanik özelliklerde önemli bir değişikliğe veya bunların azalmasına neden olmaz. Çoğunluk nötralizasyonun en iyi ihtimalle fiziksel özelliklerde bir azalmaya neden olmadığı ve daha da önemlisi önemli bir iyileşmeye yol açmayacağı yönünde hemfikir olmuştur ¹⁶⁰.

Alınan suyun, karboksilik asit fonksiyonel grupları ile bazik cam dolgu maddesi arasındaki asit-baz reaksiyonunu teşvik etmekten başka olumlu etkileri olabileceği yönünde fikirler vardır ¹⁶². Bir olasılık, bir plastize edici olarak işlev görebilmesi, böylece hata türünü ağırlıklı olarak kırılığandan dayanıklı hale getirmesidir. Bu, tamamen kuru koşullarda depolamanın kompomerlerde artan sertliğe yol açtığı tespitiyle destekleniyor gibi görünmektedir ¹⁶³. Polimerizasyon, büzülme ve llebilir gerilmelerin gelişimi ile ilişkilidir. Su emilimi hafif genişlemeye neden olabilir ve bu, polimerizasyon büzülmesini kompanse etmede yararlı olabilir ¹⁶⁴.

Kompomerlerin florür salınımı su içeriği ile ilişkilidir ve genel olarak florür salınımı ile fiziksel özellikler arasında ters bir ilişki vardır. Florür salınımı faydalı kabul edilir, çünkü diş rğn önlemeye yardımcı olma potansiyeline sahiptir ¹⁶⁵. Fakat florür salınımı ile restorasyon sınırlarına bitişik sekonder rkler arasındaki etkileşim karmaşıktır. Florür salınımı bir materyalin yerleştirilmesinden sonraki ilk saatlerde ilk yüksek florür salınımı giderek kısıılır ve bu nedenle materyalin yerleştirildikten sonraki aylarda ve yıllarda sekonder rkleri önlemeye yardımcı olup olamayacağı konusunda tartışmalar devam etmektedir ¹⁶⁶. Bir materyalin uzun vadede rğ önlemeye yardımcı olabilmesi ve yavaş salınımın devam etmesi için materyal içindeki florürün yerine konabilmeli veya yeniden şarj edilebilmelidir. Bu yeni florür rezervi, florür içeren diş

macunları, gargaralar, jeller veya verniklerden elde edilir. Cam iyonomer simanların reşarj olma kabiliyeti, kompomerlerden daha yüksek; kompomerlerin ise kompozitlerden daha yüksektir. Yeniden şarj edildikten sonra, kompomer bir gün boyunca bir florür salınımı patlaması gösterir, bu patlama iki ila üç gün sonra başlangıç seviyelerine döner ¹⁶⁷.

Malzemenin florür ile şarj olma kabiliyetini etkileyen önemli bir faktörün, cam ve poliasit arasındaki reaksiyonu takiben, cam dolgu partikülleri etrafındaki hidrojel tabakasının yapısı olduğu düşünülmektedir. Cam iyonomer simanlar geniş bir hidrojel tabakası gösterirken, rezin bileşenlerinin ana polimerizasyon reaksiyonundan sonraki günlerde ortaya çıkan asit-baz sertleşme reaksiyonu üzerindeki kısıtlamalar nedeniyle, kompomerler sınırlı bir tabakaya sahiptir. Florür, hidrojel tabakasının oluşumu sırasında salınır. Poliasit modifiye kompozit rezinlerde tuz matriks ve hidrojel oluşmadığı için florür iyonu serbestlemesinin sınırlı olduğu belirtilmektedir. İlk birkaç gün ve haftada su emilimi ile asit-baz reaksiyonu başladığında florür salınır. Kompomerler günde 10 mg / cm²' den daha az erken düşük bir florür patlaması gösterir ancak bu nispeten uzun bir süre devam eder ¹⁶⁸. Florür salınımı asidik koşullarda daha fazla miktarda oluşur. Düşük seviyede olmasına rağmen, florür salınımının en az 300 gün sürdüğü bildirilmiştir ¹⁶⁹. Florür içeren cam dolgu partikülünün boyutu azaldığında florür salınımı artar. Bu bilgiden hareketle üreticiler ürünlerinin daha yeni ve geliştirilmiş versiyonlarını üretirken partikül boyutunu küçültmüşlerdir ¹⁶⁸. Ek olarak stronsiyum florür veya itterbiyum florür gibi florür salınım seviyesini arttıran bileşikler de eklenmiştir ¹⁷⁰.

2.5.5.4. Diş Sert Dokularına Adezyon

Kompomerler iki mekanizma ile diş yapısına bağlanma potansiyeline sahiptir. İlk olarak, metakrilat grupları aracılığıyla kompozit rezinlerin dişe bağlandığı şekilde dentin ve mineye mikromekanik olarak tutunan dentin bonding kimyasal bir bağ ile bağlanırlar. Adezivdeki PENTA rezinin hidrofilik fosfat grubu, hidroksiapatitin kalsiyum iyonları ile iyonik bağlar oluşturur. İkinci olarak, asit bazlı cam iyonomer bileşenleri potansiyel olarak diş yapısına iyonik bir bağ oluşturabilir. TCB monomerinin fonksiyonel karboksil grupları asit uygulaması olmadan diş yüzeyinin kalsiyum iyonları ile iyonik bağlar oluşturabilir. Bununla birlikte, kompomerler diş yapısına bağlanmak için bir bağlayıcı maddenin uygulanmasını gerektirir ve ışık maruziyeti olmadan sertleşemezler. Işıklı

sertleştiğinde, adezivdeki metakrilat esaslı rezinler serbest radikal ilaveli polimerizasyona uğrar. Çapraz bağlı rezinler, dentin yüzeyinin hibrit bölgesine benzer güçlendirilmiş bir tabaka oluşturur ve hem mineyi hem de dentini bağlanmak için uygun hale getirir. Sonuç olarak, cam iyonomer simanlar ile ortaya çıkan mine ve dentine olan doğal bağ yok gibi görünmektedir ¹⁵³.

Her kompomer üreticisi, malzemeyi dişe bağlamak için kendi bağlama ajanının kullanılmasını tavsiye eder. Çoğu adeziv sistem self-etch içeriklidir bu nedenle dentin içine nüfuz etme yeteneği fosforik asitin kullanıldığı etch-and-rinse tekniğinden çok daha azdır. Kompomerlerin dentin ve mineye bağlanma gücü self-etch sistemlerde etch-and-rinse sistemlere göre daha düşüktür, ve her ikisi de kompozitlerin mine ve dentine bağlanma gücünden daha düşüktür. Bu durum, kompozit restorasyonlara kıyasla kompomer restorasyonların marjinal bütünlüğünde bir azalmaya neden olur. Self-etch adezivler yerine mine yüzeyinde etch-and-rinse bonding ajanlarının kullanımı ile kompomerlerin marjinal bütünlüğü geliştirilebilir ¹⁶⁸.

2.5.5.5. Fiziksel Özellikleri

Geleneksel cam iyonomerlerden rezin modifiye cam iyonomerlere; kompomerlerden de kompozitlere doğru gidildikçe baskı dayanımları artar. Bu artışın nedeni rezin içeriğinin giderek artmasıdır. Kompomerler ve kompozitlerdeki çapraz bağlı polimer matrisleri (tipik olarak Bis-GMA, UEDMA ve TEGMA kopolimerleri) genellikle cam iyonomerlerin asit-baz reaksiyonunun oluşturduğu jel ağından daha yüksek sertlik ve dayanıklılığa sahiptir. Doldurucu miktarı ve bileşiminin mekanik özellikler üzerindeki etkisi önemlidir. Aynı malzeme türü için, mekanik özellikler genellikle doldurucu miktarının artmasıyla artar. Bununla birlikte, farklı malzeme türlerini karşılaştırırken, doldurucuların bileşimi daha önemli olabilir ¹⁶⁷.

Kompomerlerin dayanıklılıkları, her bir malzemenin rezin benzeri bileşenler veya poliasit benzeri bileşenler ile ne ölçüde modifiye edildiğine bağlı olabilir. Örneğin üreticiler, poliakrilik asit üzerindeki karboksilik asit gruplarının sadece küçük bir yüzdesini, metilmetakrilat grupları ile değiştirerek polimerizasyonda az miktarda kovalent (rezin benzeri) çapraz bağlamaya neden olabilirler. Kompomerler, kompozit rezinlerle aynı şekilde polimerizasyon büzülmesine maruz kalırlar. Bunu, yavaş su emilimi (higroskopik ekspansiyon) takip eder, bu da birkaç haftalık bir süre boyunca

küçük bir net doğrusal genişleme ile sonuçlanır. Bu higroskopik genişleme, kompozit rezinlere göre kompomerlerde önemli ölçüde daha yüksektir ve ilk yerleştirmede kompozit restorasyonlarla karşılaştırıldığında nispeten daha büyük marjinal boşlukların dengelenmesine yardımcı olabilir ¹⁷¹.

Kırılma dayanıklılığı ve sertlik değerleri gibi basınç dayanımı ve eğilme dayanımı tipik olarak kompozit rezinlerden daha düşüktür. Azalan fiziksel özellikler de önemli ölçüde daha yüksek aşınma oranlarına sahip olmalarına neden olur. Kompomerlerin yük taşıyan alanlarda kullanılmaması gerektiği sonucuna varılabilir ¹⁶⁰.



Şekil 2.5. Diş rengindeki restoratif materyallerin özelliklerindeki yönelimler ¹⁶⁸

2.5.5.6. Yüzey Özellikleri

Dental restoratif materyallerin genel bir gereksinimi olarak yüzey özellikleri doğal dişlere yakın olmalıdır. Yüzey pürüzlülüğü, parçacık boyutu dağılımı ve yüzey sertliği gibi kriterler materyalin dış yüzeylerini karakterize eder ve cilalanabilirliklerini ve abraziv aşınma oranlarını belirlemede önemli parametrelerdir. Ayrıca çok sert ve pürüzlü bir malzeme karşıt dişi veya restorasyonu çizebilir ve aşındırabilir.

Doldurucu partiküllerin şekilleri; düzenli ve yuvarlak, düzensiz ve keskin gibi ve boyutları restoratif materyallerin cilalanabilirliğini etkiler. Rezin kompozitler küçük; geleneksel cam iyonomerler büyük boyutlu partiküller içerirken kompomerlerin ortalama

partikül boyutu bu iki materyalin arasındadır. Geleneksel cam iyonomer simanlarda partikül boyutlarının büyük oluşu yüzeylerinin daha pürüzlü ve mekanik özelliklerinin daha zayıf olmasına neden olmaktadır. Partikül boyutundaki herhangi bir azalma çalışma süresinden etkilenir çünkü daha küçük parçacıklar daha büyük bir yüzey alanına sahiptir ve sonuç olarak karıştırılmış asidik polimerleri ile daha reaktiftir, bu da çalışma süresini azaltır. Bu nedenle asit-baz reaksiyonunun kinetiğini büyük ölçüde kullanılan parçacık boyutları belirler. Hibrit restoratif materyaller arasında parçacık boyutu dağılımındaki büyük çeşitlilik farklı üreticilerin matrisi farklı şekillerde doldurabildiğini göstermektedir^{167,172}.

Kompomerlerin bitirme ve cilalama işlemleri kompozitlere benzerdir. Genel olarak cilalanmış kompomer yüzeyi cilalı kompozitlerden çok daha pürüzlüdür. Kompomerlerin yüzeyleri gıda maddelerinin mekanik ve kimyasal etkileşimi ve diş fırçalama ile aşınmaya bağlı olarak zamanla klinik olarak pürüzlü, mat bir yüzey ile sonuçlanır. Sonuç olarak estetik özellikleri kompozitlere göre kesinlikle daha düşüktür. Üreticilerin talimatları kompomerlerin uygulandığı seansta cilalanabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte 24 saatlik veya daha uzun bir sürenin ardından cilalamanın daha pürüzsüz bir yüzeye ve daha az marjinal sızıntıya neden olduğunu ileri süren çalışmalar da vardır¹⁶⁸.

2.6. Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğü (R_a), bitirilmiş ve cilalanmış yüzeylerin düzensizliğinin bir ölçüsüdür ve mikrometre (μm) cinsinden ölçülür. Bakteri tutulumunu azaltmak ve parlak bir görünüme sahip olmak için pürüzsüz bir yüzey (R_a değeri 0. 2 μm ' den az) arzu edilir¹⁷³. Pürüzsüz bir yüzey hasta konforuna katkıda bulunur, çünkü 0. 3 μm değerinde yüzey pürüzlülüğü değişikliğini hasta dilinin ucu ile tespit edebilir¹⁷⁴.

Yüzey pürüzlülüğünün biyofilm oluşumundaki rolü geniş çapta araştırılmıştır. Pürüzsüz yüzeylerde in vivo olarak pürüzlü yüzeylerden daha az biyofilm oluştuğu gösterilmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülüğü parametresinde (R_a) 0. 2 μm eşik değerinin üzerinde bir artışın veya yüzey serbest enerjisinde bir artışın dental materyallerde daha fazla biyofilm birikmesine neden olduğu bulunmuştur. Bu yüzey özelliklerinin her ikisi de birbirleriyle etkileşime girdiğinde yüzey pürüzlülüğünün biyofilm birikimi üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. Karşılıklı olarak birçok restoratif

materyalin diş yüzeyine kıyasla daha yüksek olan yüzey enerjisi restorasyon yüzeyi ve kenar boşluklarında debris, tükürük ve bakteri biriktirme eğilimi ile sonuçlanabilir. Bu durum rezin kompozit ve amalgam restorasyonların kenarlarında minede görülen sekonder çürük lezyonların nispeten yüksek olmasına sebep olabilir. Cam iyonomer ve rezin modifiye cam iyonomer biyomateryalleri üzerinde biyofilm birikimi bu biyomateryallerin yüzey pürüzlülüğündeki artışla ilişkili bir faktördür. Abrazyon, erozyon, ultrasonik enstrümantasyon veya bir restorasyon yapımından sonra cila eksikliğinden kaynaklanan kaba bir restorasyon yüzeyinin oluşturulması da biyofilm oluşumu ile ilişkilendirilmiştir ¹⁷⁵. Ayrıca yüzey kalitesi rezin kompozitler gibi kırılğan malzemelerdeki kırılma direncini de etkiler ¹⁷⁶.

2.6.1. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri

Pürüzlülük ölçümü için çeşitli enstrümanlar mevcuttur. Ölçüm tekniğı iki geniş kategoriye ayrılabilir; ölçüm sırasında ölçüm cihazının bir bileşeninin ölçülecek yüzeye temas ettiği temas tipi ve temassız tip. Temas tipi bir cihaz keskin bir prob ucu ile kullanıldığında yüzeylere, özellikle yumuşak yüzeylere zarar verebilir. Bu ölçümler için normal yükler temas gerilmelerinin ölçülecek yüzeyin sertliğini aşmayacak kadar düşük olmalıdır. ISO tarafından önerilen prob ucu tekniğı genellikle referans amaçlı kullanılır ¹⁷⁷.

Yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek için çeşitli teknikler kullanılabilir. Laboratuarda gösterilmiş ve hiçbir zaman ticari olarak kullanılmamış veya özel uygulamalarda kullanılmamış başka teknikler de vardır. Dental malzemelerde yüzey pürüzlülüğü üzerine yapılan araştırmalar optik ve taramalı elektron mikroskopisi gibi nitel yöntemleri ve yüzey profili analizi gibi nicel yöntemleri içermektedir. Yüzey profili ölçümleri için temaslı elmas ve temassız lazer modları ve lazer yansıtma ölçüm sistemleri yaygın olarak uygulanır. Yöntemlerin duyarlılığı ve yüzey profilometrisinin genel sınırlamaları ile ilgili çeşitli eksiklikler tanımlanmıştır. Son on yılda dental materyaller araştırmalarında daha yeni bir teknik olan Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) tekniğı kullanılmıştır. AFM, nanometre çözünürlüğünde yüzey pürüzlülüğünün üç boyutlu ayrıntılı topografik görüntülerini sağlayabilir. Bu özellikler AFM'yi dental materyallerin yüzey kalitesi değerlendirmesi için umut verici bir teknik haline getirmesine rağmen bugüne kadar sınırlı olarak uygulanmıştır ¹⁷⁸.

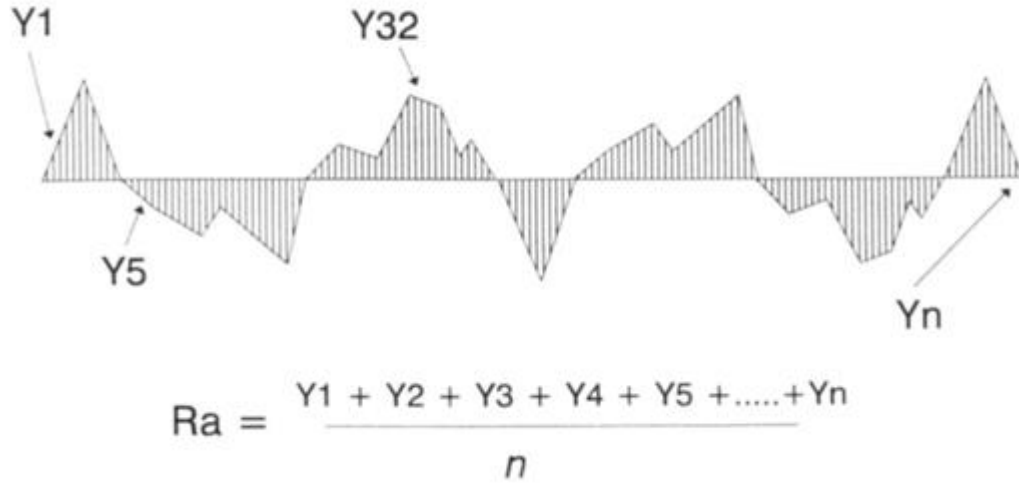
2.6.2. Profilometre

Mekanik profilometre elmas uçlu bir prob ucu kullanan iki boyutlu, dokunsal bir yöntemdir. Sensör X eksenini boyunca hareket eder, dikey Z eksenini boyunca yükseklik farklılıklarını ölçer ve makinenin translasyon sistemini referans alır. Bu nedenle çalışılan yüzey ile sensörün translasyon eksenini arasındaki paralellik çok dikkatli bir şekilde ayarlanmalıdır. Bu tür mekanik temas yöntemlerinde ucun şekli bir filtre görevi görür ve sensörün eğriliğinin yarıçapına göre küçük boyutlardaki kusurlar ihmal edilir. Tekniğin hassasiyeti 0.01 μm seviyesindedir. Pürüzlülük minimum olduğunda sensör çözünürlüğü yetersizdir ve optik ölçümler gereklidir ¹⁷⁹.

Optik profilometre pürüzlülüğün hem kalitatif hem de kantitatif temsilini sağlayan üç boyutlu bir analiz yöntemidir. Mekanik temassız bir yöntemdir ve ölçüm cihazı optik bir ışıdır. Yöntemin prensibi şu şekildedir; tamamen emici olmayan bir düzlem yüzeyine düşen bir düzlem dalga, yansımaya maruz kalır ve Descartes yasasının verdiği doğrultuda düzlem dalga olarak yayılır. Bu speküler yansıma olarak bilinir. Yüzeyin komşu noktaları aynı yükseklikte değilse, düzlem dalgasında lokal bir faz kayması meydana gelir; bu, ışığın aynasal yansıma dışındaki yönlerde difüzyonu olarak görülür. Yüzey çok pürüzlü ise, ışık her yöne eşit olarak yayılır ve artık yüzeyin topografisini temsil etmez. Bu nedenle ölçümler sadece çok yüksek kaliteli yüzey durumlarında faydalıdır. Cihaz dahili bir referans ile yüzeyin noktaları arasındaki mesafeyi ölçerek çalışır. Optik bileşenlerin özellikleri yaklaşık 100 μm kare alan üzerinde birkaç nanometrelik bir çözünürlük sağlar ¹⁷⁹.

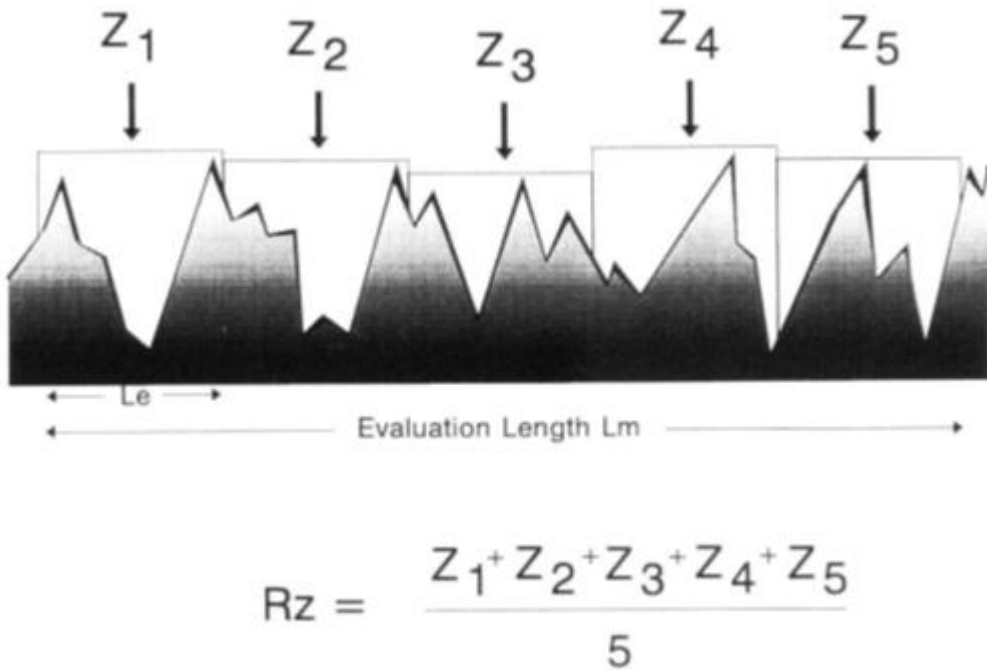
Mekanik profilometre polisaj materyalinin bıraktığı izlerden kaynaklanabilecek yüzey yapısı ile ilgili pürüzlülük ölçeğinde çalışır; oysa optik profilometre, genellikle analiz edilen malzemenin yapısını yansıtan mikro pürüzlülüğü saptar.

Ra parametresi, bir yüzeyin genel pürüzlülüğünü tanımlar ve pürüzlülük profilinin tüm uzunluk ölçümleri dahilindeki merkez çizgisinden mutlak mesafelerinin aritmetik ortalama değeri olarak tanımlanabilir ¹⁸⁰. Tek bir çizgi profili boyunca veya bir dizi paralel çizgi profili boyunca ölçülür.



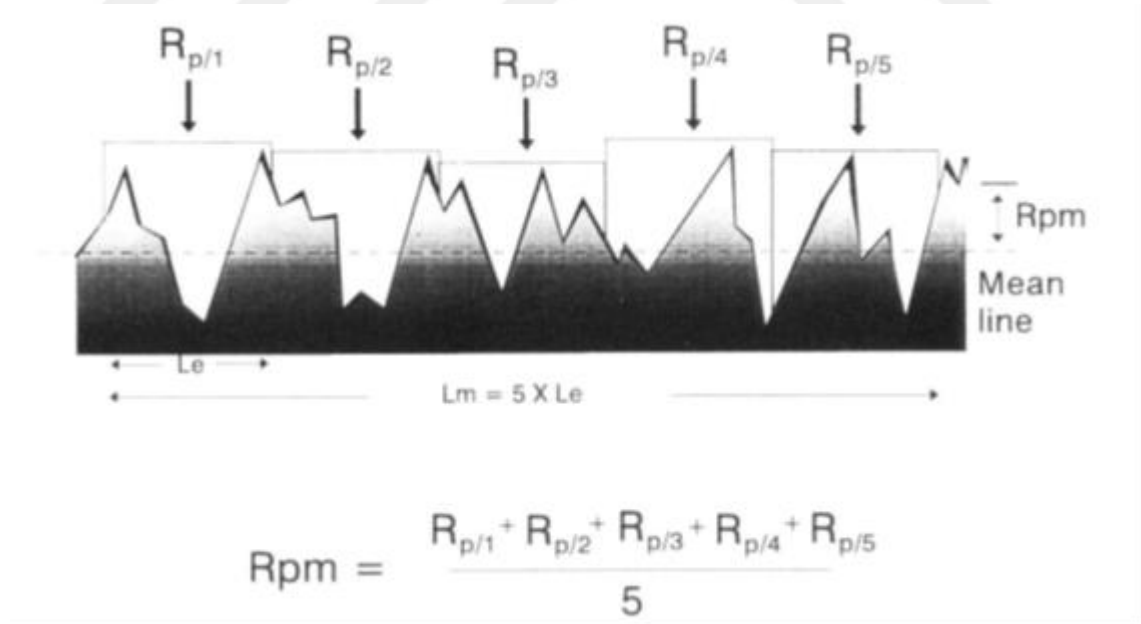
Şekil 2.6. Ra parametresi diyagramı ¹⁸⁰

Rz yüzey parametresi, ölçüm uzunluğu içinde art arda beş örnekleme uzunluğunun ortalama maksimum tepe-çukur yüksekliği olarak tanımlanabilir ve numune yüzeyinin pürüzlülük derecesini tanımlamak için kullanılır ¹⁸⁰.



Şekil 2.7. Rz parametresi diyagramı

Rpm yüzey parametresi, birbirini izleyen beş örnekleme uzunluğunun tesviye derinliklerinin ortalama değeridir. Bu nedenle istisnai profil tepe noktaları sadece kısmen dikkate alınır. Daha önce açıklanan yüzey parametrelerinin (R_a , R_z) aksine, Rpm profil şekli hakkında güvenilir bilgi verir. Küçük Rpm değerleri yaygın tepeler ve dar çukurları içeren bir yüzeyi karakterize ederken daha büyük Rpm değerleri sivri, keskin bir sırt profilini gösterir. Rpm oranı: R_z oranı özel ilgi çekicidir, çünkü değer ayrıca profil şekli hakkında da değerli bilgiler verir. 0,5' ten yüksek bir oran keskin bir sırt profilini; 0,5' ten küçük bir oran da profilin yuvarlak olduğunu gösterir. Daha gelişmiş temas prob ucu veri toplama ve işleme yöntemleri ile bir yüzeyin dokusunu tanımlamak için çok sayıda parametre vardır. Bu nedenle, birden fazla parametre kullanarak yüzeylerin dokusunu tanımlamak uygun olabilir. Yaygın olarak kullanılan R_a parametresi, değerlendirilen profil hakkında zayıf bilgi verir. Verilen değer yorumlanması zordur, özellikle R_a gerçek bir genlik parametresidir ve profil şekli hakkında bilgi vermez. Eşit R_a değerleri için Rpm- R_z oranında geniş bir varyasyon ve dolayısıyla profil şeklinde geniş bir varyasyon olabileceği öngörülebilir. Rpm- R_z oranı 0,5' ten yüksekse, söz konusu profil keskin sırtlıdır ve 0,5' ten düşükse yüzey profili yuvarlaktır¹⁸⁰.



Şekil 2.8. Rpm parametresi diyagramı

2.6.3. Atomik Kuvvet Mikroskobu

Atomik kuvvet mikroskobu (AFM) çok yüksek çözünürlüklü bir taramalı kuvvet mikroskobudur. Taramalı tünelleme mikroskobu (STM) gibi, AFM de örnek yüzeylerin çok yüksek çözünürlüklü, üç boyutlu görüntülerini üretmek için bir tarama tekniğine güvenir. AFM uç yüzeyi ile bir örnek yüzeyi arasında bulunan ultra küçük kuvvetleri (1 nN'den az) ölçer. Bu küçük kuvvetler çok küçük bir kütleye sahip çok esnek bir konsol kirişin hareketini ölçerek belirlenir. AFM; STM ve stylus profillerinin prensiplerini birleştirir. AFM' de, ucun numuneye yakınlığını algılamak için tünelleme akımı yerine numune ve uç arasındaki kuvvet tespit edilir. Bir konsolun ucundaki sivri uç, numuneyi piezoelektrik tarayıcılarla hareket ettirerek bir numune yüzeyi ile temas ettirilir. Kontak modunda AFM çalıştırıldığında, dikey çözünürlüğü 0.1 nm'den az (0.01 nm kadar düşük) ve yanal çözünürlüğü yaklaşık 0.2 nm olan topografik görüntüler elde edilir. 0.01 nm yer değiştirme duyarlılığı ile 10 nN ila 1 pN kuvveti ölçülebilir^{177,181}.

AFM dinamik kuvvet mikroskopisi olarak da adlandırılan “tapping modunda” (kesikli kontakt mod) pürüzlülük ölçümleri için kullanılabilir. Bu modda yüzey üzerinde tarama sırasında konsol üzerine monte edilmiş bir piezo ile titreşir ve prob ucu, ortalama normal kuvveti sabit tutan bir geri besleme döngüsü ile dikey yönde bir 20 ila 100 nm salınım ile konsolun (70 ila 400 kHz) rezonans frekansında yüzeye hafifçe vurur. Kılavuz çekme modu, sürtünme ve diğer yanal kuvvetlerin etkilerini en aza indirmek ve yumuşak yüzeylerin pürüzlülüğünü ölçmek için pürüzlülük ölçümlerinde kullanılır. Pürüzlülük ölçümleri tipik olarak 10 nN değerinde normal yükte konsol kirişi (beam) üzerinde keskin bir uç kullanılarak yapılır. Uç, örnek üzerindeki yörüngesi üçgen bir desen oluşturacak şekilde taranır. Hızlı ve yavaş tarama yönlerindeki tarama hızları tarama alanına ve tarama sıklığına bağlıdır. Uç ve numune arasındaki sürtünme kuvveti, paralel bir taramada (konsolun uzun eksenini boyunca tarama) pürüzlülük ölçümlerini etkileyecektir. Bu nedenle, dikey bir tarama daha istenebilir¹⁷⁷.

2.6.4. Taramalı Elektron Mikroskobu

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), heterojen organik ve inorganik malzemelerin nanometre (nm) ila mikrometre (μm) ölçeğinde gözlemlenmesine ve karakterizasyonuna izin verir. SEM' in popularitesi, çok çeşitli malzemelerin yüzeylerinin üç boyutlu benzeri görüntülerini elde etme kabiliyetinden kaynaklanmaktadır. SEM' in

ana kullanımı $10-10.000 \times$ büyütme aralığında topografik görüntüler elde etmek olsa da, SEM kullanım alanı çok yönlüdür ¹⁸².

Elektron demeti raster tarama ile yüzeyi tarar ve demetin konumu algılanan sinyalle eşleştirilerek görüntü oluşturulur. Elektron ışınının numune ile etkileşiminden üretilen sinyal türleri arasında ikincil elektronlar, geri saçılmış elektronlar, karakteristik x-ışınları ve çeşitli enerjilere sahip diğer fotonlar bulunur. Bu sinyaller, numune içindeki belirli emisyon hacimlerinden elde edilir ve numunenin birçok özelliğini (yüzey topografisi, kristalografisi, kompozisyon, vb.) incelemek için kullanılabilir. En çok ilgi çeken görüntüleme sinyalleri ikincil ve geri saçılmış elektronlardır çünkü bunlar esas olarak yüzey topografyasındaki farklılıkların bir sonucu olarak değişir. Işın enerjisinin belirli seçimleri için ışın etki alanının yakınında çok küçük bir hacimle sınırlı ikincil elektron emisyonu odaklanmış elektron ışınının boyutuna yakın bir çözünürlükte görüntülerin elde edilmesine izin verir. Görüntülerin üç boyutlu görünümü, SEM geniş alan derinliğinden ve ikincil ve geri saçılmış elektron kontrastının gölge rölyef etkisinden kaynaklanmaktadır. SEM' de elektron bombardımanı sonucu karakteristik x-ışınları da yayılır. Numunelerden yayılan karakteristik x-ışınlarının analizi, normal çalışma koşulları altında nominal olarak $1 \mu\text{m}$ çapında ve $1 \mu\text{m}$ derinliğinde numune bölgelerinden hem kalitatif tanımlama hem de kantitatif temel bilgi verebilir ^{182,183}.

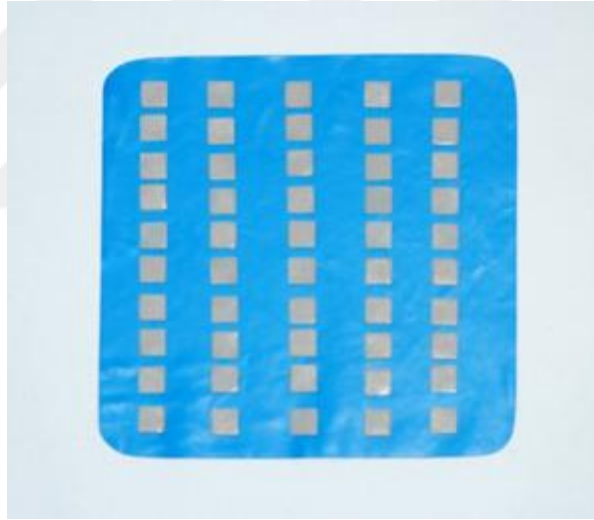
SEM kullanımı, numunelerin vakuma yerleştirilmesini ve numunelerin yalıtımı için iletken kaplama gerektirir. Kaplama materyali olarak stabil olduğu ve ikincil elektron verimi yüksek olduğu için asil bir metal (Au, Au-Pd, Pt, Pt-Pd, vb.) kullanılır. Yüksek büyütme gözlemi için Au-Pd, Pt veya Pt-Pd kullanılır. Kaplanmış bir film kalınsa bu, numune yüzeyindeki ince yapıları gizler; bu nedenle daha ince bir film tercih edilir. Elektron mikroskobu en küçük düzensizlikleri ölçme hassasiyetine sahip olmasına rağmen ölçüm yapılacak yüzey boyutunun küçük tutulması zorunluluğu ve yüzey pürüzlülüğü görüntüsünü kopyalama sırasında oluşabilecek zorluklar bu yöntemin kullanımını sınırlamaktadır ^{182,183}.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı 4 farklı çocuk diş macununun bir kontrol grubu ile birlikte poliasit modifiye kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin in vitro olarak değerlendirilmesidir.

3.1. Örneklerin Hazırlanması

Örnek sayıları çalışmamıza benzer makaleler referans gösterilerek yapılan power analizine göre belirlendi. Power analizi için G-Power 3. 1 programı kullanılmıştır. Örneklem hesabı sonucunda çalışmaya % 95 GA % 90 power ile toplamda 40 örnek alınması gerektiği bulunmuştur. Her grup için SEM ölçümlerinde kullanılmak üzere ekstra iki örnek olmak üzere toplam 50 örnek hazırlandı.



Şekil 3.1. Hazırlanan örnekler

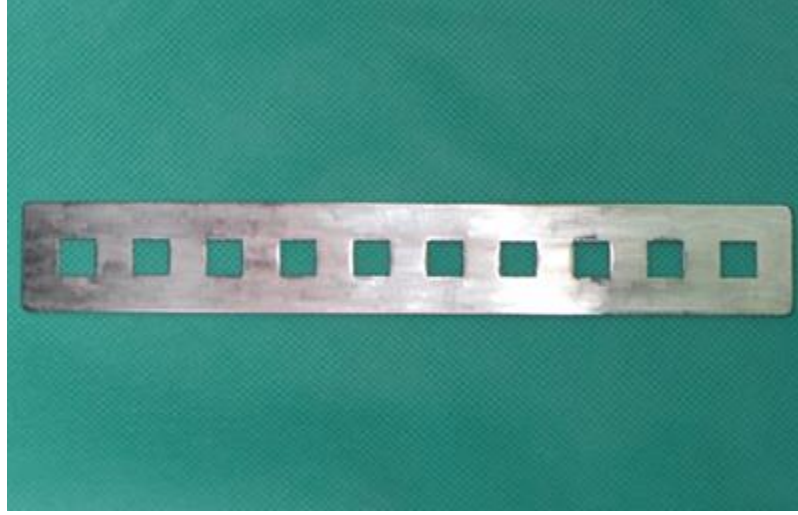
Çalışmamızda ; Dyract XP® (LD Caulk/Dentsply, USA) (Tablo 3.1) kompomer kullanılarak örnekler hazırlandı. Örneklerin hazırlanmasında standardizasyonu sağlamak için 10x10 mm boyutlarında ve 2 mm kalınlığında kare şeklinde paslanmaz çelik kalıptan yararlanıldı. Kullanılan kalıp Masra Ahşap Profil Sanayi ve Ticaret Limited Şirketine yapıldı.

Tablo 3.1. Kompomer Materyalin İçeriği ve Üretici Firması

Materyal	İçerik	Üretici firma	Partikül büyüklüğü (µm)	Partikül oranı (ağırlıkça%)
Dyract XP®	UDMA, TEG-DMA, TCB rezin, TMPTMA, Dimetakrilat rezinler, Etil-4 (dimetillamino) benzoat, BHT, Stronsiyumalumino-sodyum-florofosforsilikat cam, Silikon dioksit, Stronsiyum florür, Katalizörler, Stabilizatörler, Pigmentler	Dentsply (LD Caulk/USA)	0,8	73



Şekil 3.2. Dyract XP® Kompomer Materyali ve Kompül Tabancası



Şekil 3.3. Örneklerin hazırlanmasında kullanılan metal kalıp

Düz bir zemin üzerine yerleştirilen siman camı üzerine yerleştirilen kalıbın tabanına örnek yüzeylerinin düzgün olması için şeffaf bant konuldu. Kompomer (Dyract XP,A2) kalıbın içine uygulanarak üzerine şeffaf bant ve cam yerleştirilip hafifçe bastırılarak fazla materyalin uzaklaştırılması ve düzgün bir yüzey elde edilmesi sağlandı. Üretici firma talimatları doğrultusunda örneklerin her iki yüzeyi de LED ışık cihazı ile (Woodpecker i Led Curing Light, Guilin Woodpecker Medical Instrument Co. ,Ltd., Guangxi,China) 20 saniye süre ile ışınlanarak polimerizasyonu sağlandı.

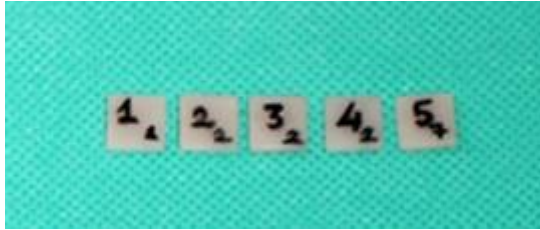


Şekil 3.4. Örneklerin hazırlanmasında kullanılan materyaller



Şekil 3.5. Woodpecker iLed Curing Light, (Guilin Woodpecker Medical Instrument Co. Ltd. , Guangxi, China)

Numunelerin alt yüzeyleri sabit kalem vasıtası ile numaralandırılarak işlem ve ölçüm yapılacak yüzeyler belirlendi.



Şekil 3.6. Numaralandırılmış örnekler

Hazırlanan örnekler, Sof-Lex diskler (3M Dental Products, St. Paul, USA) yardımıyla üretici firmanın talimatları doğrultusunda kuru ortamda, sırasıyla orta, ince ve süper ince diskler kullanılarak 15 saniye boyunca aynı yönde cilalandı. Her disk kullanımından sonra yüzey yıkanıp, kurulandı. Her örnekte yeni polisaj diski kullanıldı. Cilalanan örnekler içinde distile su bulunan ultrasonik temizleyicide yüzeydeki artıkların uzaklaştırılması amacıyla 2 dakika boyunca temizlendi.



Şekil 3.7. Sof-Lex bitirime diskleri (3M Dental Products, St. Paul, USA)

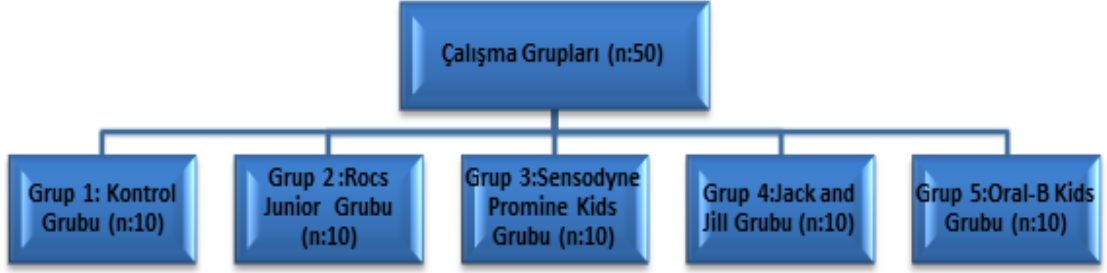
Testlere başlamadan önce tüm örnekler 24 saat 37 ± 1 °C'lık inkübatörde (Nüve cooled inkübatör ES 110, Nüve, Ankara, Türkiye) (Şekil 3. 8) distile su içerisinde bekletildi.



Şekil 3.8. a) Nüve cooled inkübatör ES 110 (Nüve, Ankara, Türkiye) b) İnkübatörde bekletilen örnekler

3.2. Grupların Oluşturulması

Çalışma için, 4 farklı çocuk diş macunu grubu ve 1 kontrol (yapay tükürük) grubu olmak üzere, toplam 5 test grubu oluşturuldu. Her bir test grubunda, rastgele seçilmiş 10' ar adet (n=10) olmak üzere, toplamda 50 adet kompomer örneği üzerinde inceleme yapıldı. Çalışmamızda oluşturulan alt gruplar şekil 3. 9 ' da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Oluşturulan çalışma grupları

3.3. Çalışmamızda Kullanılan Diş Macunları

Çalışmamızda kullandığımız diş macunlarının içerikleri ve üretici firmaları Tablo 3. 2' de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan diş macunlarının içerikleri ve üretici firmaları

Diş Macunları	İçerikleri	Üretici Firma
ROCS Junior	Aqua, Glycerin, Silica, Xylitol(%12), Cocamidopropyl Betaine, Sodium Lauroyl Sarcosinate, Populus Tremuloides Bark Extract, Xanthan Gum, Aroma, Calcium Glycerophosphate, Hydroxyacetophenone, Sodium Benzoate, Potassium Sorbate, Sodium Saccharin, Magnesium Chloride, O-cymen-5-ol, Potassium Hydroxide	DRC Group
Sensodyne Promine Kids	Aqua, Sorbitol, Hydrated Silica, Glycerin, PEG-6, Cocamidopropyl Betaine, Xanthan Gum, Aroma, Sodium Fluoride (1450 ppm) Sodium Saccharin, Sucralose, Titanium Dioxide, Sodium Hydroxide, Limonene	GlaxoSmithKline
Jack N' Jill Natural Toothpaste Flavor Free	Xylitol, Purified Water, Vegetable Glycerin (Coconut derived), Silica, Xanthan Gum, Potassium Sorbate (Naturally derived), Citric Acid	Jack & Jill Operations Pty Ltd (Australia)
Oral-B Kids	Sorbitol, Aqua, Hydrated Silica, Sodium Lauryl Sulfate, Trisodium Phosphate, Aroma Cellulose Gum, Sodium Phosphate, Sodium Saccharin, Carbomer, Sodium Fluoride (1100ppm),Limonene, Polysorbate 80,Sodium Hydroxide, Cl 42090	Procter& Gamble GmbH, Germany



Şekil 3.10. Kullanılan diş macunları

3.4. Yapay Tükürük Hazırlanışı

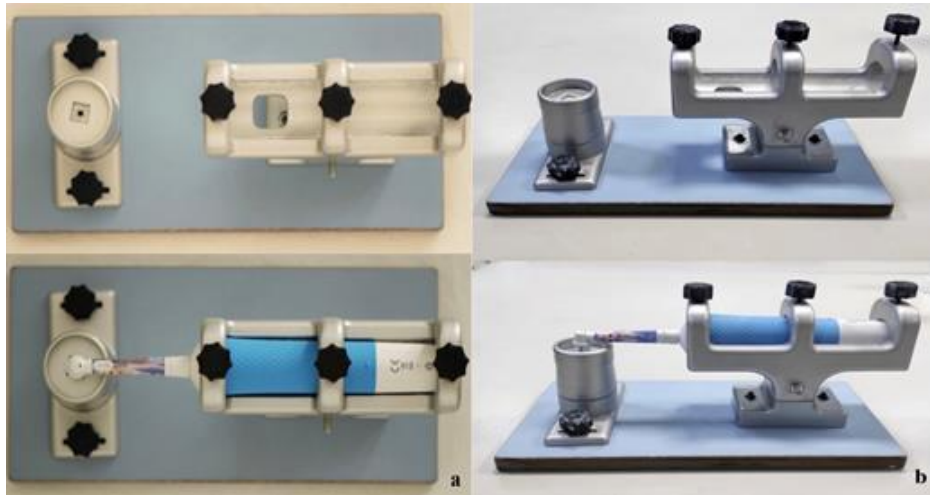
Çalışmamızda Klimek ve ark.,¹⁸⁴ belirlemiş olduğu yapay tükürük formülü kullanıldı. Formülasyon 1000 ml' lik distile su içerisine 0.002 g askorbik asit, 0.030 g glukoz, 0.580 g NaCl, 0.170 g CaCl₂, 0.160 g NH₄Cl, 1.270 g KCl, 0.160 g NaSCN, 0.330 g KH₂PO₄, 0.200 g üre, 0.340 g Na₂HPO₄ ilave edilerek hazırlandı (Şekil 3.1).



Şekil 3.11. Yapay tükürük hazırlanmasında kullanılan malzemeler

3.5. Diş Fırçalama Prosedürleri

Örnekler bir yıllık fırçalama süresine eşdeğer olacak şekilde 15 gün boyunca günde iki kez iki dakika fırçalandı. Fırçalama düzeneği kullanılarak fırçalama işlemlerinde oluşabilecek basınç farklılıklarının ortadan kaldırılması amaçlandı. (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. a) Fırçalama düzeneği üstten görünüşü b) Fırçalama düzeneği yandan görünüşü

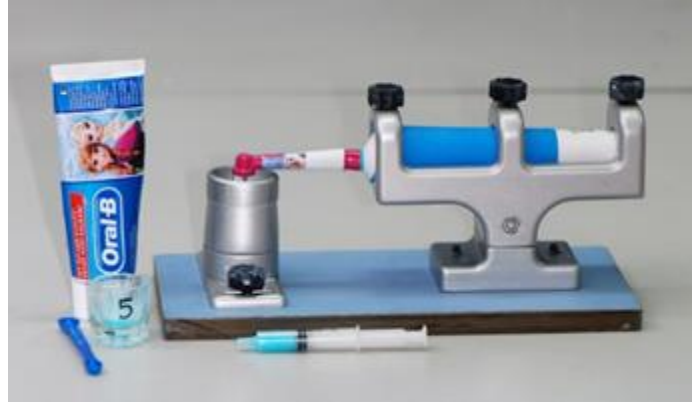
Fırçalama düzeneği; ahşap tabla üzerinde numune yerleştirilen hazne kısmı ve fırçanın yerleştirildiği tutucu kısımdan oluşmaktadır. Örneklerin yerleştirildiği hazne kısmı üzerindeki vidalar vasıtası ile örnek ve fırça arasındaki mesafenin ayarlanmasını sağlamaktadır. Hazne üzerinde örneklerin yerleştirildiği yuva örnekler ile aynı boyutta olup fırçalama sırasında örneklerin stabilitesini koruması amaçlanmıştır. Fırçanın yerleştirildiği kısımdaki vidalar ise fırçanın stabilitesini sağlamaktadır. Fırça haznesinin alt tarafındaki boşluk açma kapama düğmesi seviyesinde olup fırçanın yerinden oynatılmadan açılıp kapatılabilmesine olanak tanımaktadır.

Fırça başı çalışma yüzeyine paralel ve kılları örnek yüzeyine dik olarak temas edecek şekilde kullanıldı. Her örnek grup için aynı sertlik ve özellikte farklı bir diş fırça başlığı kullanılarak farklı diş macunlarının birbirine karışması önlendi.



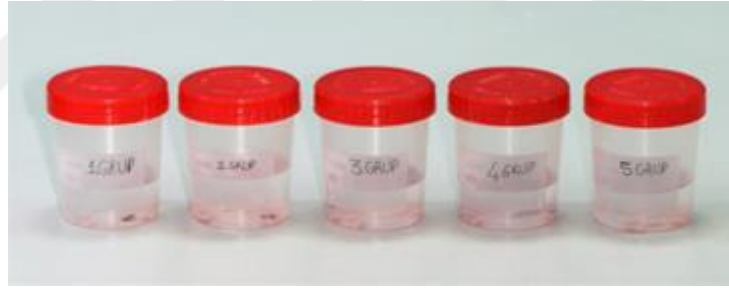
Şekil 3.13. Numaralandırılmış fırça başlıkları

Her grup için fırçalama işlemi öncesi elektrikli diş fırçası şarj edilerek olası güç kaybı engellendi. Her grubun diş macunu ve yapay tükürük ağırlıkça 1: 3 oranında karıştırıldı. Her grubun örnekleri sırası ile düzenek içindeki yuvaya yerleştirildikten sonra elektrikli diş fırçası da yerleştirilerek düzenek üzerindeki vidalar vasıtası ile sabitlendi. Homojen bir hale getirilen diş macunu yapay tükürük karışımı örnek yüzeyine uygulanarak fırçalama işlemi yapıldı.



Şekil 3.14. Örneklerin fırçalama düzeneğinde fırçalanması

Fırçalanan örnekler akan su altında yıkandıktan sonra bir sonraki fırçalama prosedürüne kadar yapay tükürük solüsyonunda saklandı (Şekil 3.15). Fırçalama prosedürü birbirini takip eden 15 gün boyunca günde iki kere iki dakika fırçalama suretiyle tamamlandıktan sonra ölçümler yapıldı.



Şekil 3.15. Yapay tükürük solüsyonunda muhafaza edilen örnek grupları

3.6. Ölçümlerin Yapılması

Fırçalama döngüsüne başlamadan önce hassas terazi ile ağırlık ölçümü, AFM ve optik profilometre ile yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapıldı ve SEM görüntüleri alındı. Fırçalama döngüsünden sonra aynı ölçümler tekrarlandı.

3.7. Ağırlık Ölçüm Testi

Kontrol ve deney gruplarına ait örneklerin ağırlık değişimine uğrayıp uğramadıklarının anlaşılması için hassas terazi (Shimadzu AX120, Shimadzu corporation, Kyota, Japan) (Şekil 3.16) yardımıyla başlangıç ağırlık ölçümleri yapıldı.

Fırçalama döngüsünün ardından yapay tükürükte bekletilen örneklerin tekrar aynı cihaz ile ağırlık ölçümleri yapıldı.



Şekil 3.16. Hassas terazi Shimadzu AX120 (Shimadzu corporation, Kyota, Japonya)

3.8. Optik Profilometre İle Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

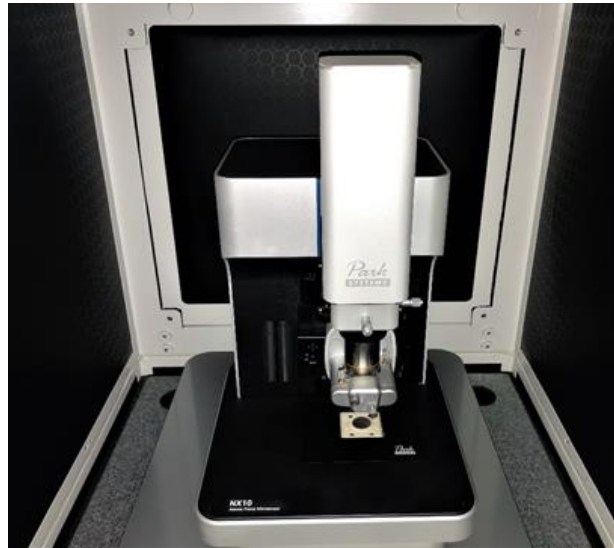
Çalışmada kontrol ve deney gruplarındaki her bir örneğin başlangıç yüzey pürüzlülüğü üç boyutlu yüzey profili ölçümleri veren optik profilometre cihazı (Profilim 3D/Fimmetrics, San Diego, USA) (Şekil 3. 17) ile ölçüldü. Analiz için Profilim yazılımı kullanıldı. Her bir örneğin yüzey pürüzlülük ölçüm analizleri $250\ \mu\text{m}^2$ lik alanda yapılmıştır. 1 analizde $250\ \mu\text{m}$ kaydırılarak 3 adet görüntü alınıp üst üste birleştirilmiştir. Analizlerde 20X/0.40 DI objektif kullanılmıştır. Fırçalama döngüsünden sonra ölçümler tekrarlanmıştır.



Şekil 3.17. Optik profilometre cihazı (Profilm 3D/Fimmetrics, San Diego, USA)

3.9. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) İle Yüzey Analizi

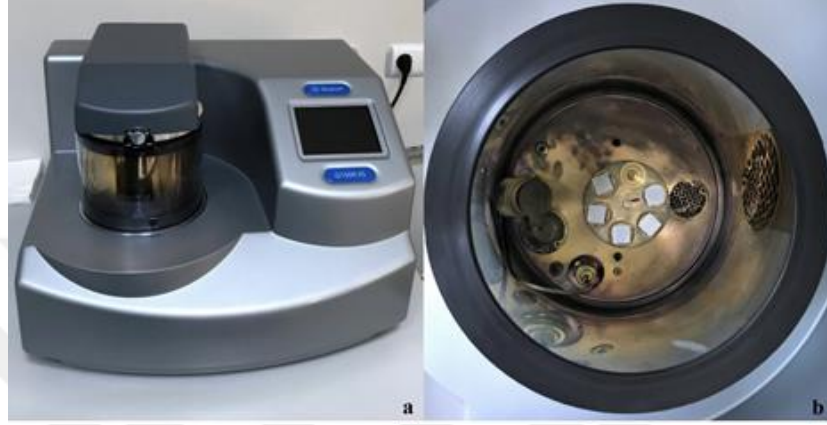
Kontrol ve deney gruplarından rastgele seçilen birer örneğin 2 farklı bölgesinden Atomik Kuvvet Mikroskobu (Park NX10/Park Systems, Suwon, Korea) (Şekil 3.18) ile iki boyutlu ve üç boyutlu görüntüler elde edildi. Örnekler temassız Mode (Tapping Mode) ile yaklaşık 1 Hz tarama hızında taranarak 10X10 μm , 20X20 μm ve 30X30 μm alanlarda görüntüler alındı. Titreşim frekansı yaklaşık 323.7 kHz olarak saptandı. Her bir örneğe ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) değerleri saptandı. Fırçalama döngüsünden sonra ölçümler tekrarlandı.



Şekil 3.18. Atomik Kuvvet Mikroskobu (Park NX10/ Park Systems, Suwon, Korea)

3.10. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) Analizi

Kontrol ve deney gruplarından rastgele seçilen birer adet örnek yüzey topografisinin görüntülerini elde edilebilmek için öncelikli olarak Q 150R ES cihazı (Quorum Technologies, East Sussex, England) ile iletkenliği artırmak için 30 saniye süre ile yaklaşık 1nm altın ile kaplandı (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. .a) Q 150R ES vakumlu kaplama cihazı (Quorum Technologies, East Sussex, England) b) SEM analizi için örneklerin altın ile kaplanması

Taramalı elektron mikroskop cihazı Quanta FEG 650 (FEI Company, Hillsboro, Oregon, USA) (Şekil 3.20) ile yüzey topografisi görüntülendi. Fırçalama döngüsünden sonra ölçümler tekrarlandı.



Şekil 3.20. Quanta FEG 650 (FEI Company, Hillsboro, Oregon, USA) Taramalı Elektron Mikroskobu

3.11. İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizinde SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 23. 0 paket programı kullanıldı. Kategorik ölçümler sayı ve yüzde olarak, sürekli ölçümler ortalama ve standart sapma (gerekli yerlerde medyan (ortanca) ve minimum-maksimum) olarak özetlendi. Çalışmada yer alan parametrelerin normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemede Shapiro-Wilk testi kullanıldı. Normal dağılım göstermeyen parametrelerde ikili değişkenlerde Mann Whitney u testi, ikiden fazla gruplarda ise Kruskal Wallis testleri kullanıldı. Gruplar arasındaki farklılığın kaynağını belirlemede Post Hoc testlerinden Bonferroni testi kullanıldı. Ölçümlerin başlangıç ve final bulguları arasındaki farklılıkların incelenmesinde Wilcoxon testine başvuruldu. Tüm testlerde istatistiksel önemlilik düzeyi 0.05 olarak alındı.

4. BULGULAR

4.1. Hassas Terazî Ölçümlerinin Başlangıç ve Final Bulgularının Farklılıklarının İncelenmesi

Hassas terazî ölçümlerinin başlangıç ($p=0,086$) ve final ($p=0,063$) bulgularının gruplar arasındaki farklılıklarının anlamlı olmadığı tespit edildi ($p>0,05$) (Tablo 4. 1).

Tablo 4.1. Hassas terazî ölçümlerinin başlangıç ve final bulgularının gruplar açısından farklılıklarının incelenmesi

Ölçümler	Grup	Ort±ss	p*	p**	Post Hoc Bonferroni p***
Başlangıç Ölçüm Değerleri	Grup 1 (a)	403,33±32,53	a-b; $p=0,515$		
	Grup 2 (b)	413,15±33,54	a-c; $p=0,118$ a-d; $p=0,856$		
	Grup 3 (c)	421,88±14,71	a-e; $p=0,035$		
	Grup 4 (d)	430,35±18,80	b-c; $p=0,461$ b-d; $p=0,508$ b-e; $p=0,174$	0,086	Farklılık yok
	Grup 5 (e)	414,82±25,42	c-d; $p=0,019$ c-e; $p=0,277$ d-e; $p=0,003$		
	Grup 1 (a)	402,04±34,22	a-b; $p=0,562$		
	Grup 2 (b)	411,75±35,37	a-c; $p=0,136$ a-d; $p=0,930$		
	Grup 3 (c)	421,78±15,80	a-e; $p=0,028$		
	Grup 4 (d)	403,13±13,46	b-c; $p=0,449$ b-d; $p=0,504$ b-e; $p=0,127$	0,063	Farklılık yok
	Grup 5 (e)	432,9±17,44	c-d; $p=0,016$ c-e; $p=0,176$ d-e; $p=0,001$		

$p<0,05$ $p^*=$ Mann whitney u testi, $p^{**}=$ Kruskal Wallis testi, p^{***} Post Hoc Bonferroni testi

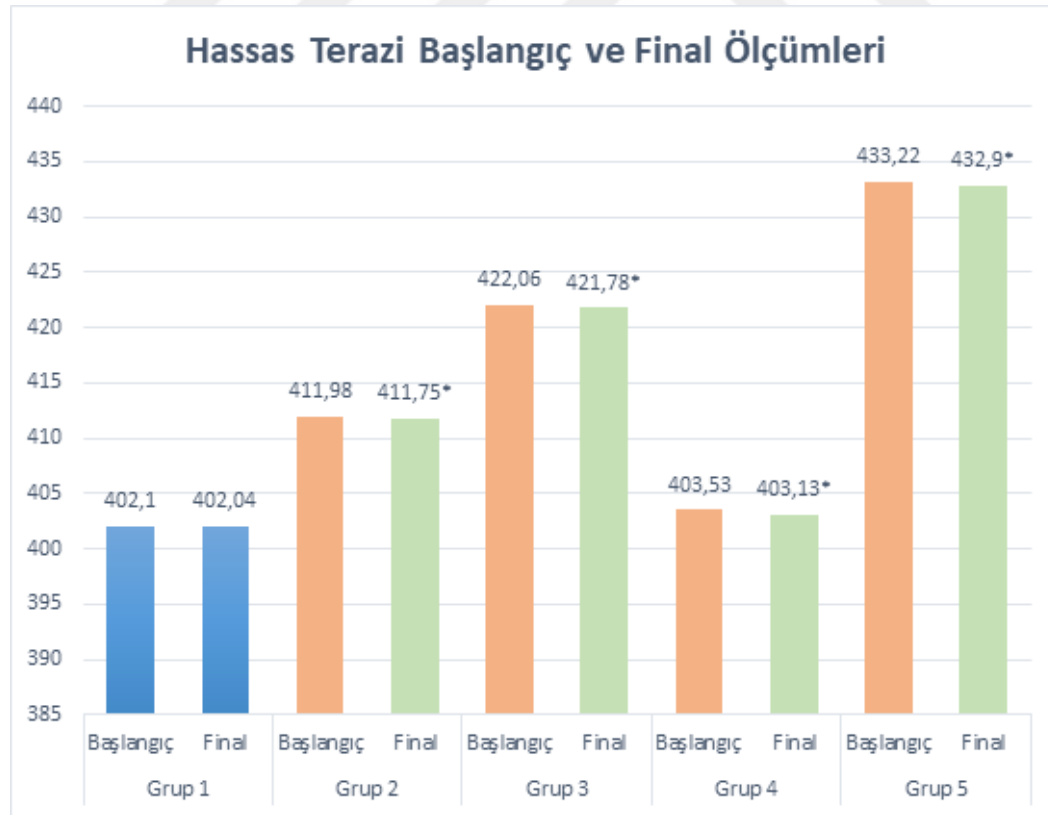
Gruplarda hassas terazî ölçümlerinin başlangıç ve final bulguları karşılaştırıldığında; Grup 1' den elde edilen hassas terazî ölçümlerinin başlangıç ve final

bulgularının homojenlik gösterdiği tespit edilirken ($p>0,05$), Grup 2 ($p=0,045$), Grup 3 ($p=0,017$), Grup 4 ($p=0,009$) ve Grup 5 ($p=0,031$)’den elde edilen final bulgularının başlangıç bulgularına göre daha düşük olduğu gözlemlendi ($p<0,05$) (Şekil 4. 1).

Tablo 4.2. Grupların Hassas terazi ölçümlerinin başlangıç ve final bulgularının incelenmesi

Grup No		General Average	
		Ort±ss	p
Grup 1	Başlangıç	402,10±34,26	0,247
	Final	402,04±34,22	
Grup 2	Başlangıç	411,98±35,36	0,045
	Final	411,75±35,37	
Grup 3	Başlangıç	422,06±15,59	0,017
	Final	421,78±15,80	
Grup 4	Başlangıç	403,53±13,41	0,009
	Final	403,13±13,46	
Grup 5	Başlangıç	433,22±17,46	0,031
	Final	432,90±17,44	

* $p<0,05$, Wilcoxon testi



Şekil 4.1. Hassas Terazi başlangıç ve final ölçüm bulgularının gruplar arasındaki farklılıkların incelenmesi

4.2. Yüzey Pürüzlülüğü Bulguları

4.2.1. Optik Profilometre Yüzey Pürüzlülüğü Bulguları (Ra)

Optik profilometre ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) ölçümleri ile gruplar arasındaki farklılığın anlamlı olmadığı tespit edildi ($p=0,198$; $p>0,05$) (Tablo 4. 3). Profilometre başlangıç Ra ölçümlerinin ikili grup analizleri ile çözümlendiğinde; Grup 2'den elde edilen ölçümlerin, Grup 3'den elde edilen ölçümlere göre daha yüksek olduğu saptandı ($p=0,004$; $p<0,05$).

Tablo 4.3. Optik Profilometre yüzey pürüzlülüğü (Ra) ölçümlerinin başlangıç ve final bulgularının gruplar açısından farklılıklarının incelenmesi

Ölçümler	Grup	Ort±ss	p*	p**	Post Hoc Bonferroni p***
Başlangıç Pürüzlülük (Ra) Değeri	Grup 1 (a)	0,10±0,07	a-b; $p=0,116$		
	Grup 2 (b)	0,18±0,11	a-c; $p=0,054$		
	Grup 3 (c)	0,04±0,02	a-d; $p=0,557$		
	Grup 4 (d)	0,13±0,15	a-e; $p=0,817$		
			b-c; $p=0,004$		
			b-d; $p=0,503$	0,198	Farklılık yok
			b-e; $p=0,345$		
	Grup 5 (e)	0,11±0,15	c-d; $p=0,099$		
			c-e; $p=0,210$		
			d-e; $p=0,786$		
Final Pürüzlülük (Ra) Değeri	Grup 1 (a)	0,12±0,09	a-b; $p=0,375$	0,514	Farklılık yok
	Grup 2 (b)	0,17±0,10	a-c; $p=0,659$		
			a-d; $p=0,942$		
	Grup 3 (c)	0,10±0,04	a-e; $p=0,785$		
	Grup 4 (d)	0,12±0,06	b-c; $p=0,139$		
			b-d; $p=0,289$		
			b-e; $p=0,191$		
	Grup 5 (e)	0,11±0,05	c-d; $p=0,647$		
			c-e; $p=0,803$		
			d-e; $p=0,809$		

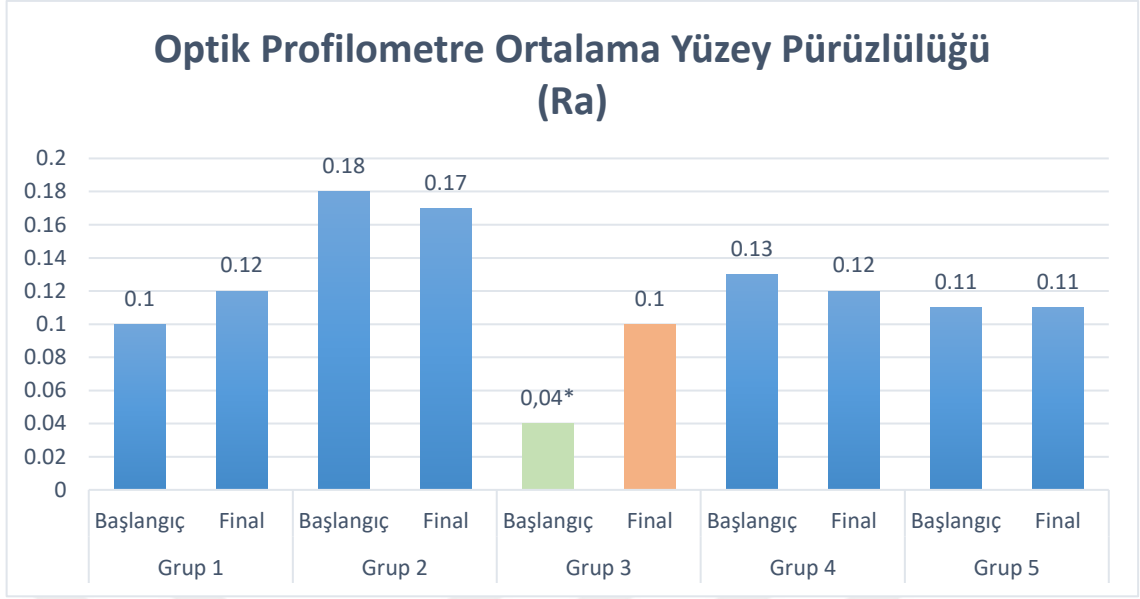
$p<0,05$ p^* =Mann whitney u testi, p^{**} =Kruskal Wallis testi, p^{***} Post Hoc Bonferroni testi

Optik profilometre ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) final ölçümleri ile gruplar arasında anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p=0,514$; $p>0,05$) (Tablo 4. 3). Profilometre final Ra ölçümlerinin ikili grup analizi ile çözümlenmesinden de gruplar arasındaki anlamlı bir farklılık olmadığı gözlemlendi ($p>0,05$) (Tablo 4. 3).

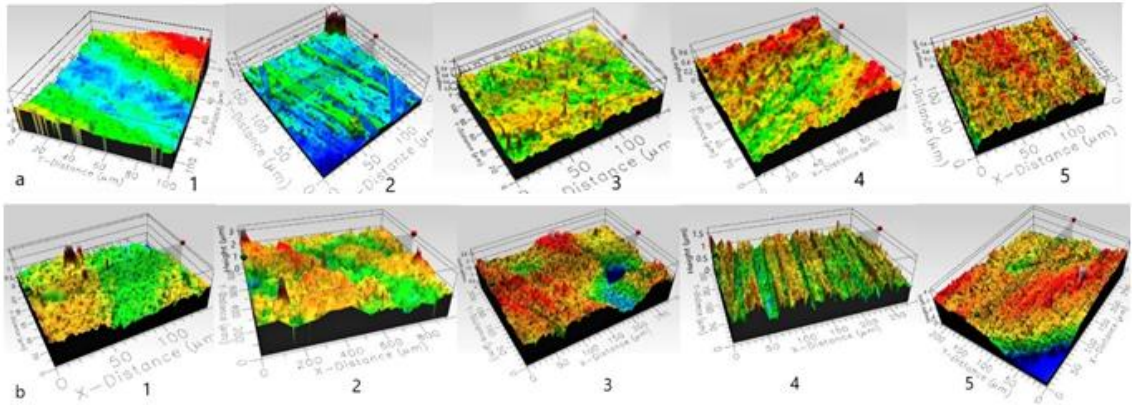
Tablo 4.4. Optik Profilometre ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) ölçümlerinin başlangıç ve final bulgularının incelenmesi

Grup No		Ort±ss	P
Ra (Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü)			
Grup 1	Başlangıç	0,10±0,07	0,501
	Final	0,12±0,09	
Grup 2	Başlangıç	0,18±0,11	0,788
	Final	0,17±0,10	
Grup 3	Başlangıç	0,04±0,02	0,002
	Final	0,10±0,04	
Grup 4	Başlangıç	0,13±0,15	0,741
	Final	0,12±0,06	
Grup 5	Başlangıç	0,11±0,15	0,979
	Final	0,11±0,05	

Optik profilometre ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) ölçümlerinin başlangıç ve final ölçümlerinin Grup 1 ($p=0,501$), Grup 2 ($p=0,788$), Grup 4 ($p=0,741$) ve Grup 5 ($p=0,979$)’den elde edilen ölçümlerde benzerlik gösterdiği tespit edilirken ($p>0,05$), Grup 3’den elde edilen ölçümlerde final ölçümlerinin, başlangıç ölçümlerine göre daha yüksek olduğu saptandı ($p=0,002$; $p<0,05$) (Tablo 4.4, Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Profilometre ortalma yüzey pürüzlülüğü (Ra) ölçüm başlangıç ve final bulgularının gruplar arasındaki farklılıkların incelenmesi



Şekil 4.3. Optik profilometre a) başlangıç ve b) final yüzey görüntüleri

4.2.1.1. Optik Profilometre Yüzey Pürüzlülüğü Alan Pürüzlülük Bulguları (Sa)

Optik profilometre alan yüzey pürüzlülüğü (Sa) başlangıç değerleri ile gruplar arasındaki farklılıklar anlamlı bulundu ($p < 0,001$; $p < 0,05$). Gruplar arasındaki farklılık kaynağına göre; Grup 2'den elde edilen ölçümlere göre Grup 1 ($p < 0,001$), Grup 3 ($p < 0,001$), Grup 4 ($p = 0,001$) ve Grup 5 ($p = 0,006$)'den elde edilen ölçümlere göre daha yüksek olmasından kaynaklandığı saptandı ($p < 0,05$) (Tablo 4. 5). Sa başlangıç değerlerinin ikili gruplar arasındaki farklılıklara bakıldığında; Grup 2'den elde edilen ölçümlerin Grup 1 ($p < 0,001$), Grup 3 ($p < 0,001$), Grup 4 ($p = 0,001$) ve Grup 5 ($p = 0,006$)'

den elde edilen ölçümlere göre daha yüksek olduğu gözlemlendi ($p<0,05$). Ayrıca Grup 5’den elde edilen ölçümlerin, Grup 3’den elde edilen ölçümlere göre daha yüksek olduğu belirlendi ($p=0,041$; $p<0,05$) (Tablo 4. 5)

Tablo 4.5. Optik Profilometre alan yüzey pürüzlülüğü (Sa) ölçümlerinin başlangıç ve final bulgularının gruplar açısından farklılıklarının incelenmesi

Ölçümler	Grup	Ort±ss	p*	p**	Post Hoc Bonferroni p***
Başlangıç Pürüzlülük (Sa) Değeri	Grup 1 (a)	0,13±0,06	a-b; p<0,001 a-c; p=0,354 a-d; p=0,205 a-e; p=0,090 b-c; p<0,001 b-d; p=0,001 b-e; p=0,006 c-d; p=0,083 c-e; p=0,041 d-e; p=0,524	<0,001	b-a; p<0,001 b-c; p<0,001 b-d; p=0,001 b-e; p=0,006
	Grup 2 (b)	0,54±0,25			
	Grup 3 (c)	0,10±0,07			
	Grup 4 (d)	0,20±0,13			
	Grup 5 (e)	0,25±0,17			
Final Pürüzlülük (Sa) Değeri	Grup 1 (a)	0,41±0,26	a-b; p=0,004 a-c; p=0,718 a-d; p=0,657 a-e; p=0,338 b-c; p=0,001 b-d; p=0,005 b-e; p=0,017 c-d; p=0,430 c-e; p=0,192 d-e; p=0,624	<0,001	b-a; p=0,002 b-c; p=0,001 b-d; p=0,005 b-e; p=0,017
	Grup 2 (b)	1,10±0,49			
	Grup 3 (c)	0,36±0,26			
	Grup 4 (d)	0,47±0,28			
	Grup 5 (e)	0,54±0,27			

$p<0,05$ p*=Mann whitney u testi, p**=Kruskal Wallis testi, p***Post Hoc Bonferroni testi

Optik profilometre alan yüzey pürüzlülüğü (Sa) final değerleri gruplar arasındaki farklılıkların anlamlı olduğu tespit edildi ($p<0,001$; $p<0,05$). Gruplar arasındaki farklılığın kaynağı yapılan post Hoc Bonferroni testi sonuçlarına göre; Grup 2’den elde edilen ölçümlerin Grup 1 ($p=0,002$), Grup 3 ($p=0,001$), Grup 4 ($p=0,005$) ve Grup 5 ($p=0,017$)’den elde edilen ölçümlere göre daha yüksek olmasından kaynaklandığı tespit

edildi ($p<0,05$) (Tablo 4. 5). İkili grup bulgularından elde edilen sonuçta da Grup 2'den elde edilen ölçümlerin, Grup 1, Grup 2, Grup 3 ve Grup 5'den elde edilen ölçümlere göre daha yüksek olduğu tespit edildi ($p<0,05$) (Tablo 4. 5).

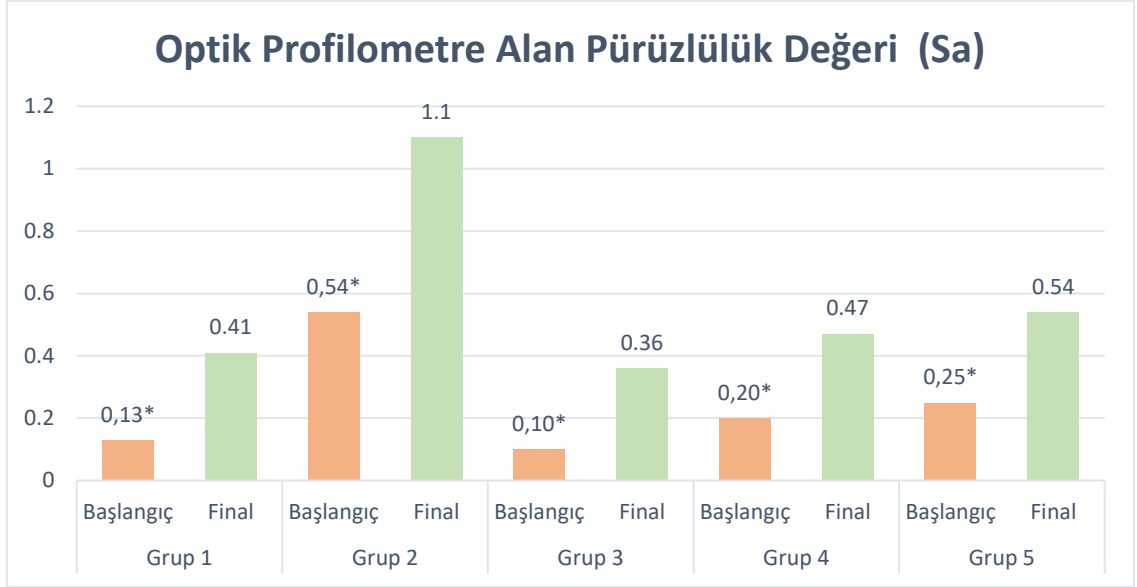
Tablo 4. 6 'da grupların alan yüzey pürüzlülüğü (Sa) başlangıç ve final bulguları arasındaki farklılıklar incelendi.

Tablo 4.6. Grupların alan yüzey pürüzlülüğü (Sa) ölçümlerinin başlangıç ve final bulgularının incelenmesi

Grup No		Area Roughness Sa	
		Ort±ss	p
Grup 1	Başlangıç	0,13±0,06	0,007
	Final	0,41±0,26	
Grup 2	Başlangıç	0,54±0,25	0,012
	Final	1,10±0,49	
Grup 3	Başlangıç	0,10±0,07	0,015
	Final	0,36±0,26	
Grup 4	Başlangıç	0,20±0,13	0,012
	Final	0,47±0,28	
Grup 5	Başlangıç	0,25±0,17	0,025
	Final	0,54±0,27	

* $p<0,05$, wilcoxon testi

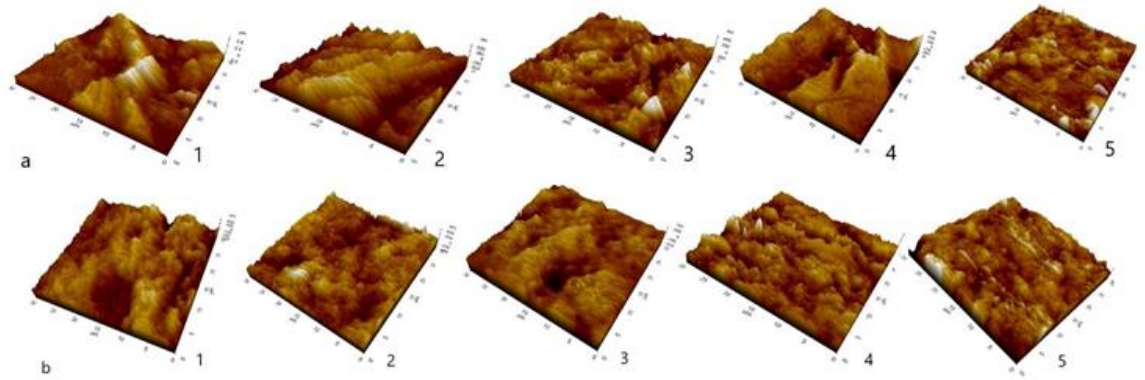
Tablo 4. 6 ve Şekil 4. 4'de elde edilen bulgulara bakıldığında ise tüm gruplarda alan yüzey pürüzlülüğü (Sa) ölçümlerinin final değerlerinin, başlangıç değerlerine göre daha yüksek olduğu belirlendi ($p<0,05$).



Şekil 4.4. Gruplardaki alan yüzey pürüzlülüğü (Sa) başlangıç ve final bulguları arasındaki farklılıkların incelenmesi

4.2.2. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) Bulguları

Çalışmada kontrol ve deney gruplarının başlangıç ölçümlerinde 30X30 mikron alan taranarak elde edilen üç boyutlu AFM görüntüleri ile ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) sonuçları Şekil. 4. 5 ‘ de verilmiştir.

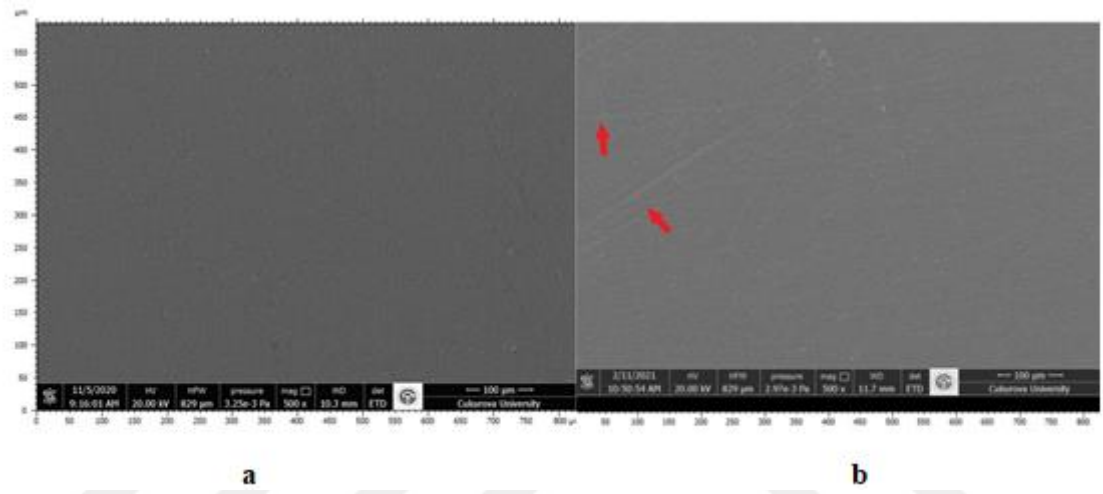


Şekil 4.5. AFM a) başlangıç ve b) final ölçümleri yüzey görüntüleri

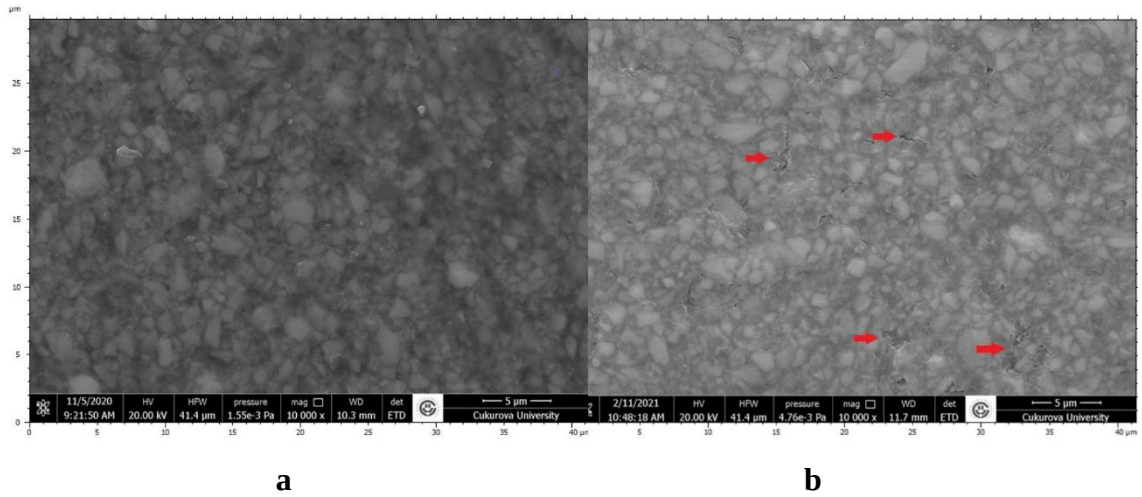
4.3. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) Bulguları

Çalışmada kontrol ve deney gruplarına ait örneklerin başlangıç ve fırçalama prosedüründen sonra final yüzey topoğrafisinin incelemeleri X500 ve X10000 büyültmeye sahip görüntüleri değerlendirildi. Örnek gruplarına ait taramalı elektron mikroskop görüntüleri Şekil 4. 6-4. 15 'da verilmiştir.

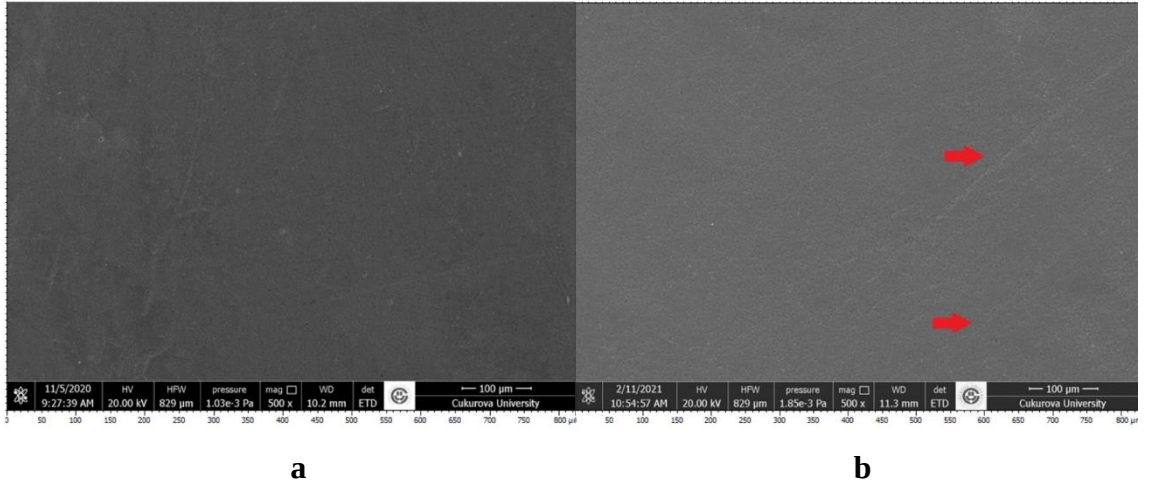
Örnek gruplarına ait SEM görüntüleri incelendiğinde tüm örnek gruplarında mikro çatlaklar ve gözenekler olduğu saptandı.



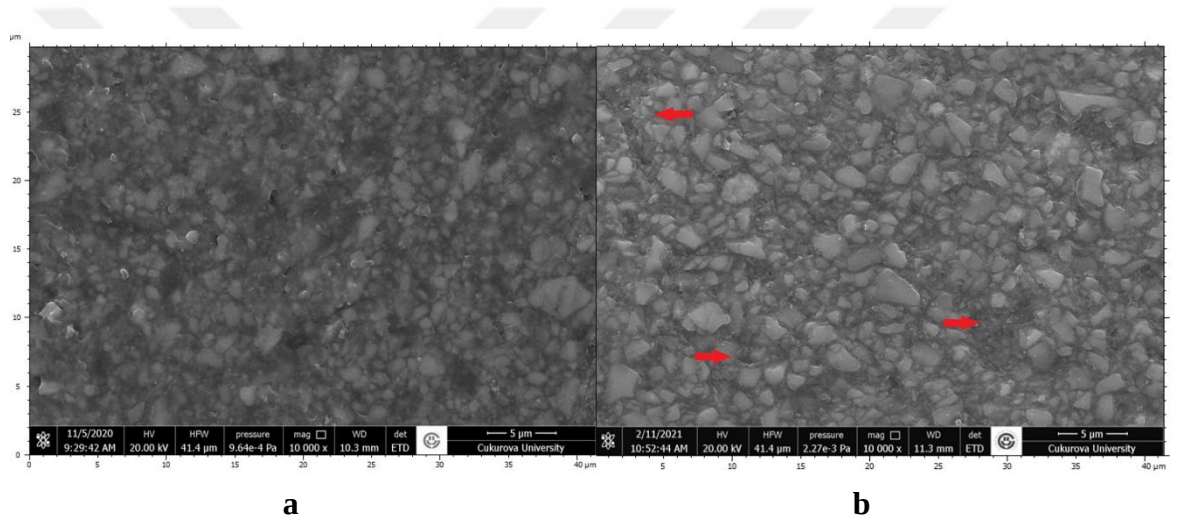
Şekil 4.6. 1.Gruba ait X500 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final



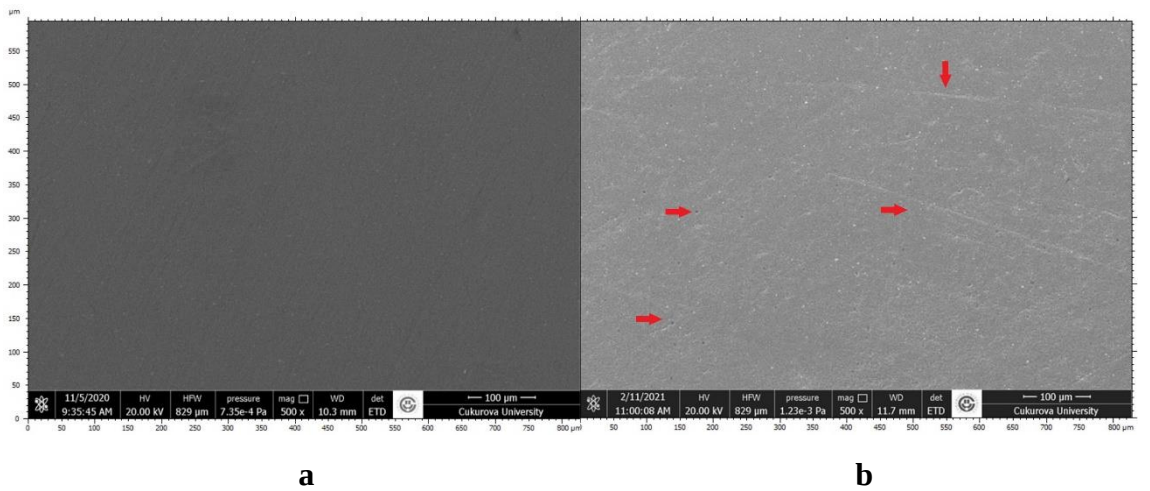
Şekil 4.7. 1.Gruba ait X10000 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final



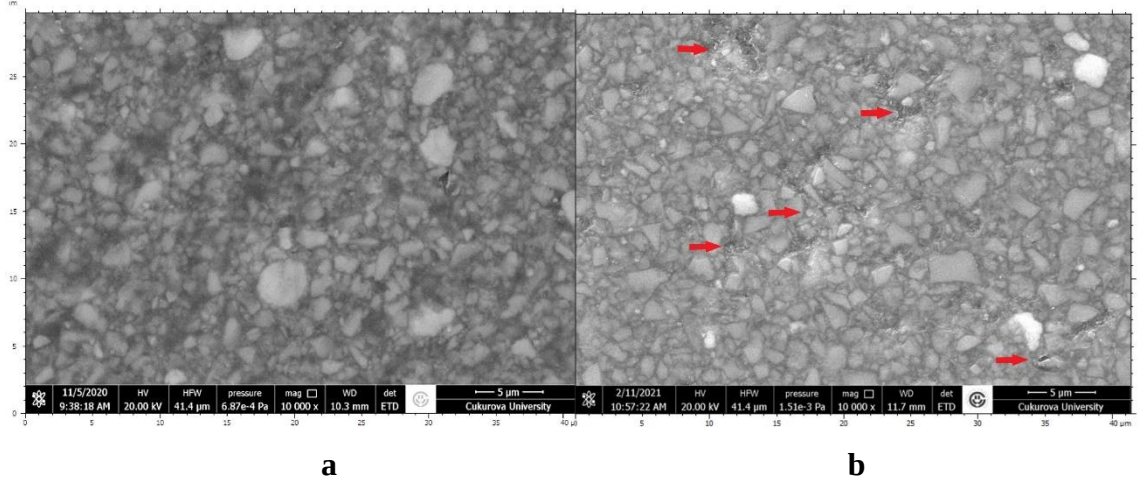
Şekil 4.8. 2.Gruba ait X500 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final



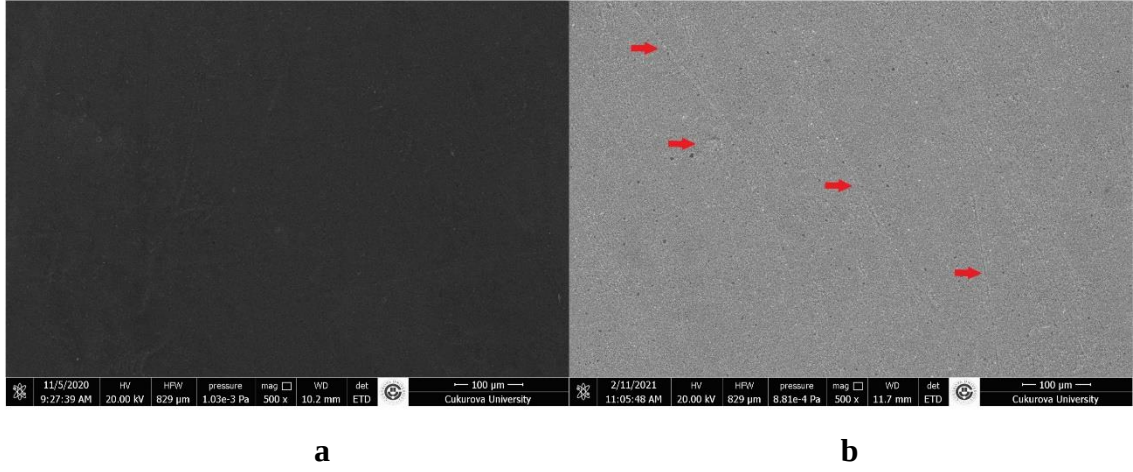
Şekil 4.9. 2.Gruba ait X10000 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final



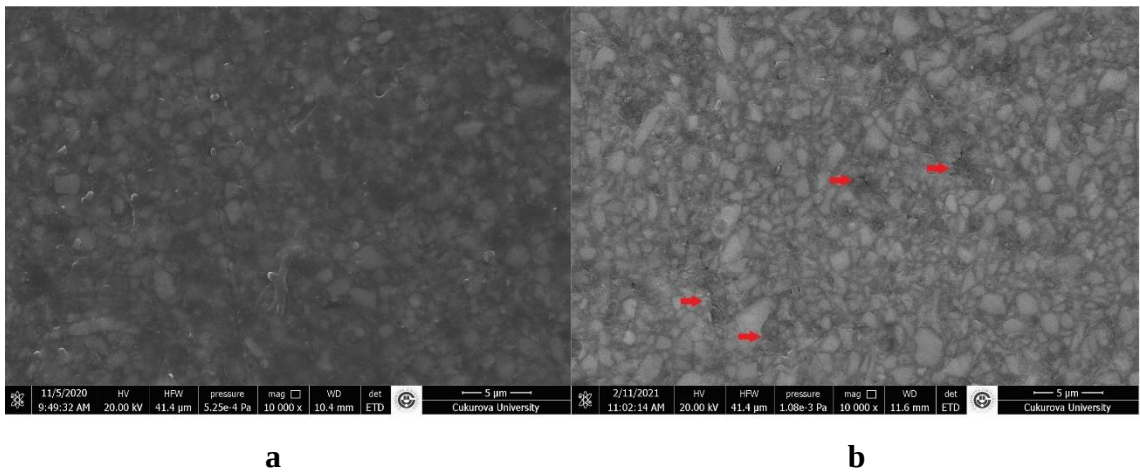
Şekil 4.10. 3.Gruba ait X500 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final



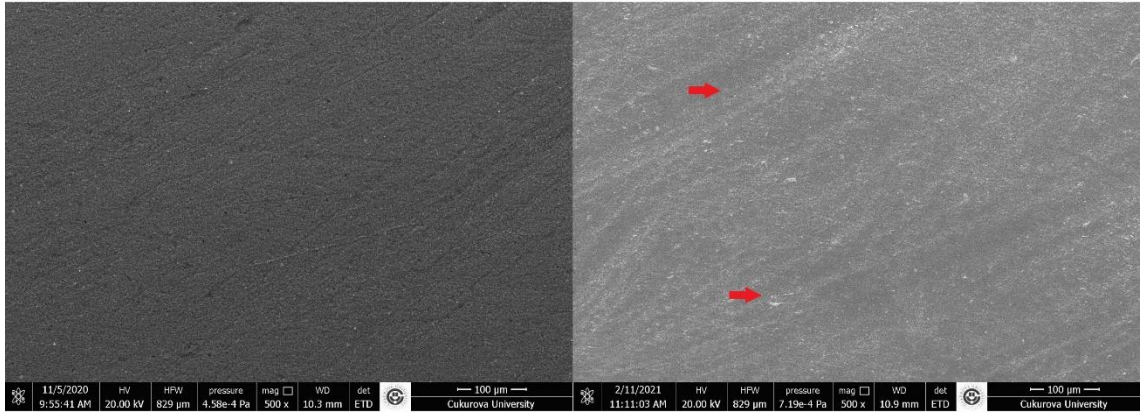
Şekil 4.11. 3.Gruba ait X10000 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final



Şekil 4.12. 4.Gruba ait X500 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final



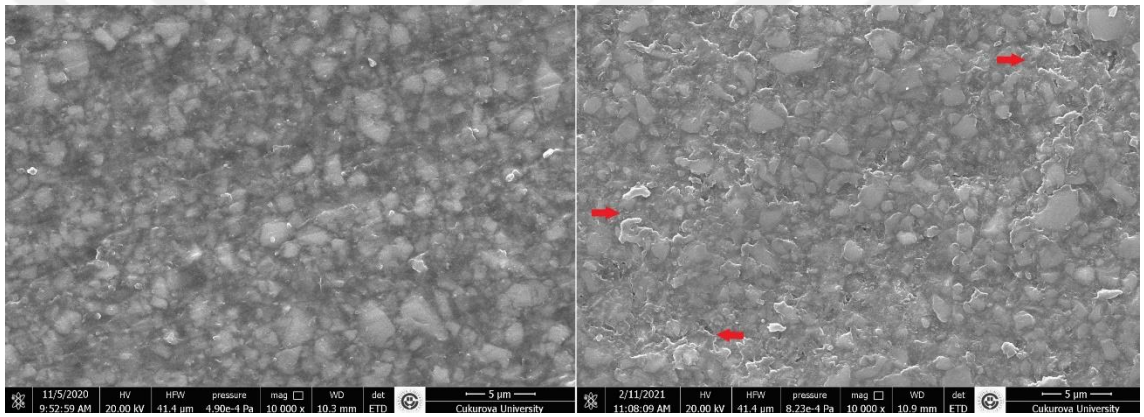
Şekil 4.13. 4.Gruba ait X10000 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final



a

b

Şekil 4.14. 5.Gruba ait X500 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final



a

b

Şekil 4.15. 5.Gruba ait X10000 SEM görüntüsü a) başlangıç b) final

5. TARTIŞMA

Ağız ve diş sağlığının çocukların genel sağlığı ve yaşam kalitesi üzerinde etkisi vardır. Diş çürükleri en yaygın ağız hastalığıdır ve son on yılda çürük prevalansındaki azalmalara rağmen, gelişmekte olan ülkelerde önemli bir sorun olmaya devam etmektedir ¹⁸⁵⁻¹⁸⁸. Çocukluk döneminde düzenli diş fırçalama alışkanlıkları edinmek, daha sonraki yaşamda çürük olasılığını azaltmaya yardımcı olabilir. Mikrobiyal diş plağı, diş çürükleri için en önemli etiyolojik faktörlerden biridir. Diş fırçalama, plak kontrolü için en basit bireysel önleyici tedbir olarak kabul edilir ve ağız sağlığının uzun süreli korunmasında etkilidir ¹⁸⁹. Ağız hijyeni uygulamaları sırasında diş macunu kullanımı, koruyucu/önleyici diş bakımı için standart bir yöntemdir. İnsanlar biyolojik ve sosyal nedenlerle dişlerini fırçalar. Biyolojik nedenler sağlıklı diş etleri ve dişler elde etmeyi içerirken, sosyal nedenler ferah bir nefes ve parlak beyaz dişlerdir ¹⁹⁰. Diş yüzeyinin makroskobik ve mikroskobik yüzey özellikleri, bakteri veya leke birikiminin artmasında önemli rol oynar ¹⁹¹. Ayrıca bir dişin ne kadar parlak görüldüğünü de belirler ¹⁹². Diş yüzeyleri ile günlük etkileşimleri nedeniyle, diş macunları yukarıda belirtilen özellikleri etkiler.

Aşındırıcılar, diş macunlarına temizleme özelliklerini iyileştirmek için eklenen en eski bileşenlerdir ve genel olarak silika, kalsiyum karbonat, kalsiyum fosfatlar, alüminyum oksit, perlit ve süngertaşı gibi çözünmeyen maddelerdir. Partikül sertliği, konsantrasyonu, sayısı, boyut dağılımı ve şekli gibi göreceli aşındırıcılıklarını kontrol eden bir dizi faktör bulunmaktadır ¹⁹³. Diş macunundaki aşındırıcılar, pelikül içinde oluşabilecek ekstrinsik diş lekelerinin çıkarılmasına ve kontrolüne yardımcı olur. Aşındırıcı partikül oranı az olan veya aşındırıcı içermeyen diş macunlarının artan diş lekelenmesi ile ilişkili olduğu bilinmektedir ¹⁹⁴.

Diş macunlarının aşındırıcılığı genellikle REA (nispi mine aşınması) veya RDA (nispi dentin aşınması) değeriyle belirlenir. Aşındırıcılık seviyesi sırasıyla 10 veya 100 puan verilen standart bir diş macununu ile karşılaştırılarak belirlenir. Bir diş macunu için 250 (RDA için) veya 40 (REA için) üst sınır, yetişkinlerde günlük kullanım için güvenli kabul edilir, ancak özellikle çocuklar için bir sınır oluşturulmamıştır ¹⁹⁵. Sağlam dentin, mineye göre aşınmaya çok daha duyarlı olduğundan, RDA değeri diş macunlarının aşındırıcılığını karakterize eden ana parametre haline gelmiştir. RDA ve REA değerleri her zaman uyumlu değildir, yani mine üzerindeki yüksek aşındırıcılık her zaman dentin

üzerinde yüksek bir aşındırma anlamına gelmez. Ayrıca, diş macunu aşındırıcılığı ile leke çıkarma etkinliği her zaman ilişkili değildir ^{196,197}. Diş macunlarının aşındırıcılığı tanımlanırken sadece RDA değeri değil pürüzlülük değeri de dikkate alınmalıdır. Dahası, bir diş macununun daha yüksek hacim kaybı değerine neden olabileceği, ancak yine de başka bir diş macunundan daha pürüzsüz bir yüzey oluşturabileceğini destekleyen çalışmalar da bulunmaktadır ¹⁹⁸. Diş sert dokularında geri dönüşü olmayan hasara neden olan bir aşındırıcılık seviyesini belirlemek zor olsa da, ISO (Uluslararası Standardizasyon Örgütü) sınırı (RDA 250) aralığında yüksek düzeyde aşındırıcı diş macunlarının kullanımından kaçınılmalıdır ¹⁹⁹.

Toplumda daha beyaz dişlere sahip olma arzusunun artmasıyla birlikte ^{200,201}, diş macunu üreticilerinin amaçlarından biri de diş macunlarının temizliğini en üst düzeye çıkarırken diş sert dokularında oluşabilecek hasarı en aza indirmektir. Bu amaçla, in vitro, in situ ve in vivo yöntemler kullanılarak diş macunu aşınmasının mine ve dentin üzerindeki etkileri araştırılmıştır ^{193,202}. Randomize kontrollü koşullar altında diş macunlarının aşındırıcılığının in vivo değerlendirilmesi ideal test koşulları olacaktır. Bununla birlikte, makul bir süre içinde in vivo olarak küçük miktarlarda aşınmayı doğru bir şekilde değerlendirmek için yeterli yöntem eksikliği vardır. In vivo, diş aşınması çok faktörlüdür ve hâlihazırda hangilerinin baskın faktörler olduğunu gösteren hiçbir kanıt yoktur. Aşınma yavaş bir süreçtir ve gönüllü uyumu ve ölçüm hassasiyeti ile ilgili problemler tarafından engellenir. Klinik olarak kullanılan yöntemler, diş profillerinin zaman içinde karşılaştırılmasına veya çizik gibi yüzey işaretlerinin karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Bir diş macununun aşındırıcılığını değerlendirmek için gönüllüleri geri dönüşü olmayan ve önlenemez sağlıklı diş yapısı kaybına maruz bırakmak etik olmayacaktır. Genel olarak in situ modeller, laboratuvar analizlerinin duyarlılığını korurken ağız ortamındaki tükürük, bakteri ve sert dokular arasında etkileşimlerin olmasına izin vermesi nedeniyle önemlidir ^{193,203}.

In vitro yöntemler ise nispeten hızlıdır ve fırçalama kuvveti ve hızı, fırça tipi, numune hazırlama, diş macunu konsantrasyonu, fırçalama süresi, seyreltici ve sıcaklık gibi deneysel parametreleri dikkatli bir şekilde kontrol etme fırsatı sunar ²⁰⁴⁻²⁰⁶. Daha önce bildirilen in vitro teknikler, diş dokularındaki gravimetrik değişiklikleri, ısıtılmış dişlerden salınan radyoaktif kalsiyumun kaydedilmesini, taramalı elektron mikroskobu, yüzey profilometrisi, replikasyon tekniği ve dijital görüntüleme analizini içeriyordu ¹⁹³.

Mevcut tekniklerden herhangi birini ağız ortamının zayıf taklitleri olarak eleştirmek cazip gelse de, standartlaştırılmış işlem prosedürleri altında, makul bir maliyetle ve çok fazla teknik zorluk olmadan ürünlerin kapsamlı bir şekilde araştırılmasına ve karşılaştırılmasına izin verdikleri kabul edilmiştir ²⁰⁷. Ayrıca in vitro yöntemlerin diş macunu aşınması için en kötü durum senaryosunu sağlaması muhtemeldir. Öte yandan davranışsal (fırçalama sıklığı, süre kuvveti ve asidik beslenme modelleri) ve biyolojik yönler (tükürük, edinilmiş pelikül) in vitro çalışmalarla yalnızca bir dereceye kadar simüle edilebilir Bu nedenle, verileri klinik sonuca çıkarmak için hem avantajlar hem de dezavantajlar ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, diş fırçalama aşınmasıyla ilgili çok sayıda faktör göz önüne alındığında, sürecin tüm yönlerini kapsayan standart bir modele sahip olmak oldukça imkansız görünmektedir ^{193,203}. Bu veriler göz önünde tutularak çalışmamızda in vitro yöntem tercih edilmiştir.

Diş fırçalama da kullanılan diş macunu seçimi bireysel olarak farklılık gösterir. Diş macunu seçiminin belirlenmesinde rol oynayan faktörlerden bazıları sosyoekonomik faktörler, tasarım veya paketlenme ve reklamdır. Diş macunu markasının seçiminde önemli görülen diğer faktörler arasında macunun kokusu, algılanan performans, tüketicilerin farkındalığı ve macunun diğer bazı özellikleri sayılabilir ²⁰⁸.

Suprabha ve ark. ²⁰⁹, erken çocukluk çürükleri ve ebeveynlerin ağız hijyeni uygulamalarını uygulamadaki zorlukları üzerine yaptıkları çalışmada katılımcıların çoğunun diş macunu içeriği ve florürün çürüğü önlemedeki önemi hakkında bilgi sahibi olmadığı, çocukları için ne tür diş macunu kullanacaklarını ve ne kadar diş macunu kullanacaklarını bilmedikleri görülmüştür. Katılımcıların bazıları bir diş macunundan diğerine geçmeye devam ederken, diğer katılımcılar diş macununu çocuklarının tercihlerine göre seçmiş ve bu tür kararlar diş macununun tadına göre verilmiştir. Çocuk ürünlerini (çocuk diş macunu ve diş fırçası) satın almaya daha yatkın olan ailelerin sosyoekonomik seviyesinin daha yüksek olduğu ve ayrıca ağız sağlığı hizmetlerine ve bilgilerine daha fazla erişimleri olduğu görülmüştür ²⁰⁸. Çalışmamızda aşındırıcı partikül olarak silika ve hidrate silika içeren, toplum tarafından yaygın olarak tercih edilen dört farklı çocuk diş macunu kullanılmıştır.

Diş fırçalama sırasında, diş macunu tükürük ile seyrelmektedir. Diş fırçalamayı simüle etmek için yapılan çalışmalarda diş macunu distile su ²¹⁰⁻²¹⁴, ya da yapay tükürük ile seyreltilerek kullanılmaktadır ²¹⁵⁻²¹⁷. Tükürük yapısında bulunan proteinler, iyonlar ve

enzimler kayganlaştırıcı özelliği ile diş fırçası abrazyonunu etkileyebileceğinden ^{218,219}, ağız ortamını simüle etmeyi ve gerçeğe daha yakın veriler elde etmeyi hedeflediğimiz çalışmamızda su yerine yapay tükürük tercih edilmiştir. Literatürde güncel olarak tercih edildiği ve hazırlanması pratik olduğu için çalışmamızda Klimek ve ark. ¹⁸⁴ yapay tükürük formülasyonu tercih edilmiştir.

Diş fırçalama prosedürü, diş yüzeyine uzun bir süre boyunca mekanik bir kuvvet uygulanmasını içerir ²²⁰. Diş fırçaları ile birlikte kullanılan macunların kimyasal bileşenleri ve aşındırıcılar fırçalanan dişlerin yüzeylerini kimyasal ve fiziksel olarak etkileyebilir ²²¹. Diş fırçası kıllarının sertlik derecesi ve yönünün yanı sıra fırçalama tekniği ve fırçalama sırasında dişe uygulanan kuvvetin aşınma üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir (194). Sert fırçaların yumuşak olanlardan daha fazla aşınmaya neden olduğu yönünde bir görüş olsa da yumuşak fırçalar, diş macununun yumuşak fırçalardaki daha küçük çaplı kıllar ve daha yoğun tutamlar tarafından tutulması ve dolayısıyla yüzey temas alanının daha büyük olması nedeniyle daha fazla aşınmaya neden olabilir ²²².

Çalışmalar, farklı simülatör tasarımlarının da aşınma üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Parry ve ark. ²²³, dört diş fırçalama simülatörünü karşılaştırmış ve incelenen simülatörler arasında dairesel hareket yapabilen fırçalama simülatörünün tercih edilen tasarım olduğunu belirtmişlerdir. Gansset ve ark. ²²⁴, hastaların çoğunun dişlerini dairesel hareketlerle (% 73. 8) fırçaladığını bildirmiştir. Çoğu çalışma, dairesel veya yatay hareketlerin çoğunlukla diş fırçalarken kullanıldığını ve iki yöntemin de benzer etkinliğe sahip olduğunu göstermektedir ^{225,226}. Tosaka ve ark. ²²⁵, akselerometre ile hastaların 3 boyutlu diş fırçalama hareketlerini kaydetmişler ve özellikle ön kesici dişlerde x ekseninde 5 mm yarıçaplı dönme hareketinin gerçekleştirildiğini bildirmişlerdir. Literatürde diş fırçalama simülasyonları için standart değerler ve cihazlar bulunmamaktadır. Çoğu çalışmada simülasyon yalnızca ileri geri hareketle gerçekleştirilmiştir ^{222,227-230} ; daha yeni çalışmalarda ise hastaların alışkanlıkları dikkate alınarak rotasyonel hareket uygulanmıştır ^{226,231}.

Fırçalamayı simüle etmeyi amaçlayan çeşitli çalışmalarda farklı fırça düzeneği tasarımları kullanılmıştır ²³²⁻²³⁵. Fırçalama prosedürünü standardize etmek ve fırçalama sırasında fırçayı sabit konumda tutmayı amaçladığımız çalışmamızda bir fırçalama düzeneği tasarlanarak kullanılmıştır. Hazırladığımız düzenek üzerindeki vidalar vasıtası ile fırça ve numunenin fırçalama sırasında hareket etmesini önlemiştir. Çalışmamızda

çocukların diş fırçalama paternine yakın değerler kullanabilmek için salınlı rotasyon hareketi yapan elektrikli çocuk diş fırçası kullanılmıştır.

Daha önce yapılan çalışmalarda kullanılan rezin örnekler boyutları 4-18 mm arasında değişen silindir, disk ya da dikdörtgen şeklinde hazırlanmıştır^{141,216,228,236-238}. Çalışmamızda kullanılan fırçalama düzeneği içinde örneklerin dönme momentine karşı koyması ve sabit durması amacıyla 10 x 10 mm boyutlarında ve 2mm kalınlığında kare örnekler hazırlanmıştır.

Rezin bazlı materyallerin uygun bir şekilde polimerize edilmesi materyalin optimal fiziksel ve mekanik özellikleri, ayrıca klinik performansı için oldukça önemlidir^{239,240}. Yetersiz polimerizasyon, düşük fiziksel özellikler, daha yüksek çözünürlük, retansiyon hataları ve polimerize olmayan artık monomerlerin neden olduğu olumsuz pulpa reaksiyonları ile ilişkilendirilmiştir^{241,242}. LED ışık cihazlarının, geleneksel halojen ışık cihazlarında olduğu gibi performansları zamanla önemli ölçüde azalmaz²⁴³, dar bir spektral aralıkta ışık ürettikleri için verimleri yüksektir^{241,244}, ve daha az ısı ürettikleri için periodontal ve pulpal hasar riski daha düşüktür²⁴¹. Bu özellikler dikkate alınarak çalışmamızda hazırlanan örnekleri polimerize etmek için LED ışık cihazı (430 – 485 nm) kullanılmıştır.

Rezin içerikli restoratif materyallerin bitirme ve polisaj işlemleri ile ilgili çok sayıda araştırma²⁴⁵⁻²⁴⁷ bulunmasına rağmen standart bir metod bulunmamaktadır²⁴⁸. Polimerizasyondan sonra şeffaf bant altındaki yüzeylerin en pürüzsüz yüzeyler olmasına karşın²⁴⁹⁻²⁵², şeffaf bant bütün yüzeylerde kullanılamamaktadır^{253,254}. Polimerizasyon sırasında oluşan serbest radikaller, ortamdaki oksijen ile birleşerek rezinden zengin, mekanik kuvvetlere karşı dayanıksız oksijen inhibisyon tabakası oluşumuna sebep olmaktadır^{255,256}. Yüzey sertliğini azaltan ve renklenmeyi arttıran bu tabaka polisaj ve cila işlemleri ile uzaklaştırılır²⁵⁶⁻²⁵⁸. Polisaj sistemlerinde kullanılan aşındırıcı partiküller, restoratif materyaldeki doldurucu partiküllerden daha sert olduğu zaman kompozit rezin yapısındaki doldurucu partikül ve rezin eşit derecede aşınarak ideale yakın bir yüzey elde edilebilir^{248,259}. Polisaj sistemlerinde kullanılan alüminyum oksit partiküllerinin sertliği, kompozit rezin içeriğindeki doldurucu partiküllerin birçoğundan daha fazladır²⁶⁰. Alüminyum oksit içeren polisaj sistemleri, rezin matriks ve doldurucu partikülleri eşit miktarda aşındırdığı için daha düzgün bir yüzey oluşturur^{261,262}.

Bouvier ve ark.²⁶³ ve Bozkurt ve ark.²⁶⁴ farklı polisaj sistemlerinin etkinliğini inceledikleri çalışmalarında kompozit rezin ve poliasit modifiye kompozit rezinlerde en düzgün yüzeylerin alüminyum oksit içeren Sof-Lex disklerle elde edildiğini bildirmişlerdir. Uctasli ve ark.²⁴⁸, Gönülol ve ark.²⁶⁵, Endo ve ark.²⁶⁶ da yaptıkları çalışmalar sonucunda Sof-Lex diskleri daha başarılı bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda da örneklerin bitirme ve polisaj işlemleri için çok aşamalı alüminyum oksit disklerinden oluşan Sof-Lex disk sistemi kullanılmıştır.

Çeşitli çalışmalarda günde iki kez ve iki dakika boyunca yapılan fırçalama işleminde her bir dişe düşen ortalama fırçalama süresinin yaklaşık 10 saniye olduğu belirlenmiştir^{141,237,267-269}. Çalışmamızda örnekler bir yıllık fırçalama süresine eşdeğer olacak şekilde 15 gün boyunca günde iki kez iki dakika boyunca fırçalanmıştır. Örnekler fırçalama seansları arasında yapay tükürük solüsyonunda muhafaza edilmiştir.

Diş macunu aşındırıcılığını değerlendirmek için RDA yöntemi, ağırlık ve hacim kaybı teknikleri, kaldırılan aşınmış materyal miktarının ölçümü gibi kantitatif tekniklerin^{198,270} yanı sıra aşınan materyalin pürüzlülüğünü ölçen kalitatif teknikler olan profilometre ve ışık yansıtma teknikleri gibi birçok farklı teknik kullanılmıştır^{268,271}. En yaygın kullanılan aşınma ölçüm yöntemlerinden biri ağırlık ölçümüdür. Ağırlık farkı, malzemenin tam yoğunluğu bilindiğinde ve homojen olduğunda aşınmış hacim miktarını değerlendirmek için de yararlıdır. Ancak bu yöntem, numunelerin yüzeyindeki aşınma dağılımının bir değerlendirmesini sağlamaz. Bu nedenle çalışmamızda ağırlık ölçümü ile birlikte yüzey tarama yöntemlerinden optik profilometre, AFM, SEM yöntemleri kullanılarak yüzey pürüzlülük değişimini değerlendirilmiştir.

Ağırlık değişiminin değerlendirmesi için kullandığımız hassas terazi ölçümlerinin başlangıç ve final bulgularının gruplar arasındaki farklılıklarının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edildi ($p>0,05$). Hassas terazi ölçümlerinin başlangıç ve final bulguları karşılaştırıldığında; Grup 1(Kontrol) 'den elde edilen ölçümlerin homojenlik gösterdiği tespit edilirken, Grup 2, Grup 3, Grup 4 ve Grup 5'den elde edilen final bulgularının başlangıç bulgularına göre daha düşük olduğu gözlemlendi ($p<0,05$). Ölçümlerin homojenlik göstermesi aşınmanın olmadığını; final bulgularının başlangıç bulgularına göre düşük çıkması ise aşınma gerçekleştiğini gösterebilir.

Kanter ve ark. , diş fırçalamanın beş farklı kompozit rezin (Prestige, Isopast, Exact, Concise, Profile) üzerindeki etkilerini gözlemledikleri çalışmalarında, örnekleri

bir fırçalama simülatörü ile beş yıla eş değer süre fırçalamışlardır. Her bir kompozit rezinin ağırlık kaybı yüzdesi kaydedilmiş ve ağırlık kaybı, her kompozit rezinin yüzey pürüzlülüğünün ölçümü ile ilişkilendirilmiştir. Her bir kompozit rezinin yüzey pürüzlülüğü, beş yıllık bir süre boyunca her yıl simüle edilmiş diş fırçalamasından sonra ölçülmüştür. Diş fırçası etkinliğinin kaybına rağmen, test edilen tüm kompozit rezinler, diş fırçalama süresinin artmasıyla azalan bir aşınma oranına sahip olma eğilimindeydi. En yüksek ağırlık kaybı yüzdesi gösteren Prestige, içeriğindeki yumuşak baryum doldurucuların dolgu partiküllerini vaktinden önce serbest bırakılmasına neden olarak pürüzlülük artışında etkili olmuş olabilir. Mikro (Isopast) ve yumuşak doldurucu (Profile) içeren kompozit rezinlerin aşınmaya karşı en yüksek direnci gösterdiği ve en pürüzsüz yüzeyi koruduğu gözlenmiştir ²⁷².

Mondelli ve ark. , diş fırçalama abrazyon testinden sonra kompomerlerin ağırlık kaybı ve yüzey pürüzlülüğünü değerlendirdikleri çalışmalarında farklı markalara ait kompomerleri (Dyract (Dentsply), Dyract AP (Dentsply), Compoglass F (Vivadent), Freedom (SDI), F2000 (3M ESPE)) iki rezin kompozit (Z100 (3M ESPE) , Silux Plus (3M)) ile karşılaştırmışlardır. Test edilen tüm malzemeler, diş fırçalama prosedüründen sonra istatistiksel olarak önemli ağırlık kaybı ve yüzey pürüzlülüğü artışı göstermiştir. Tüm kompomerler, rezin kompozitlere göre daha yüksek ağırlık kaybı göstermiştir ²⁷³.

Wang ve ark. , beş farklı tepilebilir kompozitin aşınma direncini belirlemeyi amaçladıkları çalışmalarında kontrol grubunda iki farklı kompozit kullanarak diş fırçalama simülasyonu ile 100.000 fırçalama döngüsü uygulamışlardır. Test edilen tüm kompozitlerinin ağırlık kaybettiği gözlenmiştir. Diş fırçalamadan sonra tepilebilir kompozitlerden bazılarının yüzeyleri daha pürüzsüz hale gelirken bazılarının pürüzlülük seviyesi artmıştır. Çalışma sonucunda tepilebilir kompozitlerin üstünlüğünün beklenmemesi gerektiği sonucuna varılmıştır ²³⁰.

Çalışmamızda da Kanter ve ark. ²⁷², Mondelli ve ark. ²⁷³, Wang ve ark. ²³⁰ çalışmaları ile benzer şekilde fırçalama prosedürü sonrasında test grubundaki örneklerde ağırlık kaybı gerçekleşmiştir fakat bu ağırlık kaybı istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturmamıştır.

Literatürde yüzey pürüzlülüğü ölçümü için mekanik profilometrelerin kullanıldığı çok sayıda çalışma vardır ^{179,274-276}. Mekanik profilometrenin dezavantajı dokunsal bir yöntem olduğu için ölçüm yapan sensörün tüm düzensizliklere penetre olamaması ve

ölçüm yüzeyine zarar verebilmesidir. Ölçüm yapan sensör ucu filtre görevi görür sensörün eğriliğinin yarıçapına göre küçük boyutlardaki kusurlar ihmal edilir. Hemen farkedilmeyen ölçüm noktalarının konumlandırılması ve tanımlanması zordur ve ölçüm zaman alır. Bu nedenle pürüzlülük minimum olduğunda, sensör çözünürlüğü yetersizdir ve optik ölçümler gereklidir. Numuneye doğrudan temas etmesinden kaynaklanan ölçüm hasssiyeti nedeniyle mekanik profilometreler daha çok cila kaynaklı pürüzlülüğü ölçerken optik profilometreler materyalin kendi yapısından kaynaklanan pürüzlülüğü ölçebilir ¹⁷⁹. Mekanik profilometre ile karşılaştırıldığında, optik profilometreler yüzey hakkında çok daha fazla veriyi çok yüksek oranlarda yakalayabilir. Optik profilometre, yüzey düzensizliklerini tespit etmek için elmas uçlu bir prob yerine ışık kullanır. Optik profilometrinin büyük bir avantajı, yüzeyleri üç boyutlu olarak ölçebilmesi ve mekanik profilometrelerin tarayıcı ucunun algılayamayacağı küçük düzensizlikleri hassas olarak algılayarak yüzey hakkında daha detaylı veriler sunabilmesidir. Ayrıca SEM ile sağlanamayacak ölçümlerin kaydedilmesine izin verir ²⁷⁷. Bu bilgiler göz önünde bulundurularak çalışmamızda optik profilometre kullanılmıştır.

Genel olarak, profilometreler tarafından elde edilen pürüzlülük değerleri, yüzey düzensizliklerinin nicel bir ölçümünü kolaylaştırır. Ra değeri çoğu sanayileşmiş ülkede resmi bir standarttır. Bu çalışmada yüzey pürüzlülüğü Ra parametresi ile belirlenmiştir. Ra, yüzey dokusunun zayıf bir indikatorü olarak görülmesine rağmen, bu, dental materyallerin yüzey topografisini değerlendirmek için en sık kaydedilen değerdir. Yüzey topografisi doğada üç boyutludur, bu nedenle üç boyutlu yüzey topografyasının ölçülmesi bir yüzeyin doğal özelliklerini temsil ederken, iki boyutlu profilin ölçümü bunu başaramaz. Üç boyutlu ölçümle elde edilebilen bilgiler, yüzey topografisinin tam bir tanımını verir ve iki boyutlu ölçümden daha kapsamlıdır ¹⁷⁸. Çalışmamızda profilometre ölçümlerini üç boyutlu ölçüm değerleri veren AFM ve üç boyutlu filtreye dayanan Sa ölçüm değerleri ile desteklenmiştir.

Ra, tanımı gereği, X eksen boyunca uzamsal frekansları filtreleyen bir profil filtresine dayalı bir pürüzlülük profiline göre hesaplanır. Ra parametresinin alansal eşdeğeri olan Sa, 3 boyutlu filtreye dayalı bir yüzeyde hesaplanır. Alan pürüzlülüğü parametreleri, özellikle yüzeyde oluklar gibi anizotropik özellikler mevcut olduğunda yüzeyleri daha iyi tanımlayabilir. Alan parametreleri, profil parametrelerinin spesifikasyonları ve toleransları ile doğrudan karşılaştırılmaz. Hesaplama yapılan

uzunluklar veya alanlar farklıysa, özellikle çok ölçekli özelliklere sahip yüzeylerde hem Ra hem de Sa değerlerini etkileyecektir ^{278,279}.

Optik profilometre ile yüzey pürüzlülük değerlendirmesinde Ra başlangıç ve final ölçümlerinin Grup 1 (Kontrol) , Grup 2 (ROCS Junior) , Grup 4 (Jack N' Jill) ve Grup 5 (Oral-B Kids) ten elde edilen ölçümlerde benzerlik gösterdiği tespit edilirken ($p>0,05$), Grup 3 (Sensodyne Promine Kids)' ten elde edilen ölçümlerde final ölçümlerinin, başlangıç ölçümlerine göre daha yüksek olduğu saptandı ($p=0,002$; $p<0,05$). Grup 1, Grup 2, Grup 4 ve Grup 5'teki ölçümler istatistiksel olarak anlamlı değil iken Grup 3'ten elde edilen final ölçümleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Ra parametresinin alansal eşdeğeri olan Sa ölçümlerinin final değerlerinin tüm gruplarda başlangıç değerlerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Sa, değerlendirme alanını bir çizgiden tüm yüzeye genişleterek, daha güvenilir analize izin veren bir parametredir.

Yap ve ark. , piyasaya yeni sürülen nanofil (Filtek Supreme, 3M-ESPE), ve ormoser (Admira Voco) kompozitlerin aşınma direncini araştırmış ve bunların aşınma özelliklerini mikrofil kompozit (Filtek A110, 3M-ESPE), minifil kompozit(Esthet X , Dentsply; Filtek Z250 ,3M-ESPE), ve kompomer ile (Dyract AP, Dentsply) karşılaştırmıştır. Aşınma testinde 5000 döngüden sonra yapılan mekanik profilometre ölçümlerinde malzemeler arasında aşınmada anlamlı bir fark gözlenmemesine rağmen, 10.000 döngü ve üzerinde önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. 20.000 döngüden sonra en fazla aşınma minifil kompozitlerde (Filtek Z250) ve kompomerde (Dyract AP, Dentsply) ölçülmüştür. Nanofill ve ormoser kompozitlerin aşınma direnci, kompomer, mikrofil ve minifil kompozitlerle karşılaştırılabilir veya daha üstün olduğu sonucuna varılmıştır ²⁸⁰.

Heintze ve ark. , 1 amalgam, 4 farklı seramik ve 16 farklı rezin kompozit olmak üzere 21 restoratif materyal üzerinde fırçalama prosedürü uygulamış, çekilmiş dişlerin mine ve dentini de kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Optik profilometre ile yapılan ölçümler sonucunda hibrit kompozitlerin tüm kompozitlerin ortalama pürüzlülüğünde en yüksek artışı gösterdiği, en düşük artışı ise mikro dolgulu kompozitler ve Compoglass F kompomerinin gösterdiği sonucuna varılmıştır. Diğer seramik materyaller ile dentin ve mine örnekleri, simüle edilmiş diş fırçalamadan sonra ortalama pürüzlülükte istatistiksel olarak anlamlı bir azalma göstermiştir. Resin kompozitler için, simüle edilmiş diş fırçalamadan sonra ortalama partikül boyutu ile ortalama pürüzlülük arasında bir ilişki

bulunamamıştır. Bu çalışmada, Compoglass F bileşeni, simüle edilmiş diş fırçalamadan sonra mikro dolgulu kompozitlerle karşılaştırılabilir bir pürüzlülük sergilemiştir ²¹³.

McCabe ve ark. , çeşitli kompozit, cam iyonomer, rezin modifiye cam iyonomer, kompomer ve amalgam materyallerin 2 gövdeli ve üç gövdeli aşınmalarını incelemek için in vitro bir çalışma tasarlamışlardır. Hem mekanik profilometre hem de optik profilometre ile ölçüm yapmışlardır. Farklı RDA değerlerinde diş macunlarının kullanıldığı çalışmada macun RDA değeri arttıkça materyallerin yüzey pürüzlülüğünün ve aşınma miktarının arttığı gösterilmiştir. Kullanılan kompomer (Dyract AP) çalışmaya dahil edilen tüm macunlarda en yüksek aşınma ve pürüzlülük yatkınlığı göstermiştir ²⁸¹.

Abdelmegid ve ark. , erozyon önleyici diş macunlarının farklı restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğüne etkisini değerlendirmeyi amaçladıkları çalışmalarında üç diş macununun (Sensodyne Pronamel, Biorepair ve Regenerate) rezin kompozit (Filtek Z250 XT), konvansiyonel cam iyonomer (Ketac Fil Plus Aplicap) ve rezin modifiye cam iyonomer (GC Fuji II LC) üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Optik profilometre ile üç boyutlu görüntüler alıp Sa parametresini kullanarak değerlendirmişlerdir. Filtek Z250 XT'de en yüksek yüzey pürüzlülüğü değişikliğine neden olan diş macunu Sensodyne Pronamel ve GC Fuji II LC ve Ketac Fil Plus Aplicap için Biorepair olmuştur. Genel olarak, rezin kompozit diş macunlarının uygulanmasından önce ve sonra en pürüzsüz yüzeyi göstermiştir. Pürüzlülüğün kullanılan diş macunu ve restoratif materyale bağlı olduğu sonucuna varmışlardır ²⁶⁹.

da Cas ve ark. , beyazlatıcı diş macunlarının kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüğüne etkisini değerlendirmek amacıyla mikro hibrit kompozit rezinden hazırladıkları örnekleri beş gruba ayırmışlardır. Üç farklı beyazlatıcı diş macunu ile fırçalanmış gruplar (Close-Up Extra Whitening, Colgate Ultra White ve Colgate Total 12 Whitening) bir negatif kontrol grubu (numuneler deiyonize su ile fırçalanmış) ve bir pozitif kontrol grubunu (numuneler beyazlatmayan bir diş macunu kullanılarak fırçalanmış) karşılaştırmışlardır. Ölçümler optik profilometre ile yapılmıştır. Negatif kontrol grubu haricinde diğer grupların pürüzlülüğünde benzer artışlar görülmüş, ilk ve son ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar gözlenmiştir. Bu sonuçlara dayanarak, formülasyona bakılmaksızın diş macunu ile fırçalamanın bu çalışmada değerlendirilen rezin kompozitin Ra'sını önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir ²⁸².

Monteiro ve ark. , iki kompozit rezini (Z350 XT ve Empress Direct) fırçalama simülatöründe üç farklı diş macunu (Oral-B Pro-Health Whitening, Colgate Sensitive Pro-Relief, Colgate Total Clean Mint 12) ile fırçalamışlardır. Yüzey pürüzlülüğünü in vitro olarak mekanik profilometre ile ölçmüşlerdir. Fırçalama döngülerinden sonra her iki kompozitin benzer yüzey pürüzlülüğü gösterdiğini ve Oral-B diş macunun, her iki kompozit rezinde daha yüksek yüzey pürüzlülüğüne neden olduğunu gözlemlemişlerdir. SEM görüntülerinde de Oral-B ile fırçalanan kompozit yüzeylerin daha pürüzlü olduğu gözlenmiştir ²¹⁴.

Senawongse P. ve ark. , nanofil (Filtek Supreme XT, Filtek Z350, ve Estelite Sigma), nanohibrit (Tetric EvoCeram, Ceram X, ve Premise) ve mikrohibrit (Filtek Z250, Tetric Ceram, ve Clearfil AP-X) kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüğünü karşılaştırdıkları çalışmada numuneleri simülatör ile fırçalamışlardır. Mekanik profilometre ile ölçüm sonucunda diş macunu ile fırçalanan örneklerin hepsinin yüzey pürüzlülüğünde artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Yüzey pürüzlülüğünde en az artış nanofil kompozit rezinlerde görülmüştür ve en pürüzsüz yüzeyler elde edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda Senawongse P. ve ark. nanofil kompozit rezinlerin, iyi bir universal kompozit materyal olma potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir ²⁸³.

Takahashi ve ark. iki nanohibrid (IPS Empress Direct Enamel ve IPS Empress Direct Dentin), iki mikrohibrid (Clearfil AP-X ve Filtek Z250) ve bir ormoser içerikli kompozitin (Admira), bir diş macunu (Colgate Total, ColgatePalmolive GmbH, Hamburg, Germany) ile fırçalanması sonrası yüzey özelliklerini inceledikleri çalışmalarında; bir mikrohibrit kompozit (Clearfil AP-X) haricinde, diğer kompozitlerin yüzeylerinde fırçalama sonrası pürüzlülükte anlamlı artış ve parlaklıkta azalış tespit etmişlerdir. SEM analizinde fırçalama simülasyonundan önce tüm materyallerde pürüzsüz bir yüzey gözlenirken fırçalamadan sonra, tüm materyallerde yüzey düzensizlikleri ve doldurucu partiküllerin yerinden oynadığı görülmüştür ²⁸⁴.

Roselino ve ark. , fırçalama süresinin ve diş macunu aşındırıcılığının nanofil kompozit Z350 (3M ESPE), nanohibrit kompozit Tetric N-Ceram (Ivoclar Vivadent) ve seramik (IPS e.max Ceram) materyallerin renk değişimi ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini değerlendirdikleri çalışmada; iki farklı aşındırıcılık oranına sahip diş macunu ile örnekleri 5 yıllık süre fırçalama süresine eşdeğer fırçalamışlardır. Spektrofotometre ve mekanik profilometre ile fırçalama süresinin uzunluğu ve diş macununun aşındırıcılığı, rezin

kompozitlerinin yüzey pürüzlülüğünde ve renk değişiminde anlamlı bir değişikliğe neden olmamıştır²⁸⁵.

Chimello ve ark. , altı farklı kompozit rezinin diş fırçalamadan sonra in vitro aşınma ve pürüzlülüğünü karşılaştırmak amacı ile yaptıkları çalışmada örnekleri 100 dakika boyunca fırçalamışlardır. Test edilen tüm materyallerin yüzey pürüzlülüğü başlangıca göre artmış olup kütle kaybı ve yüzey pürüzlülüğü arasındaki korelasyonun güçlü olduğu bulunmuştur. Bu çalışma, diş macunu ile diş fırçalamadan sonra malzeme yüzeyinde daha büyük veya küçük değişikliklerin, kompozit rezinlerin bileşimine ve doğal özelliklerine bağlı olduğunu ve bunun üzerindeki etkiyi doğrulamak için dolgu maddelerinin türü, miktarı ve düzeniyle ilgili ek çalışmaların gerçekleştirilmesi gerektiğini önermektedir²⁸⁶.

Gomes ve ark. , beyazlatıcı diş macunlarının nanopartikül rezin kompozit pürüzlülüğü üzerindeki etkisini araştırdıkları in vitro çalışmada, hazırlanan örnekleri 15 gün boyunca günde 2 kez 2 dakika fırçalamışlardır. Simüle fırçalama tekniğinden sonraki ilk ve son pürüzlülük değerleri tüm gruplar için pürüzlülükte artış ile istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmasına rağmen; gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır²³⁷.

Arat ve ark. , çocuk diş macunlarının süt dişi mine yüzey pürüzlülüğüne etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında üst çene süt santral dişlerini üç farklı çocuk diş macunu (Sensodyne Pronamel, Oral B Pro-Expert Stages, Elmex Kinder-Zahnpasta) ile fırçaladıktan sonra mekanik profilometre ile pürüzlülük değerlerini ölçmüşlerdir. Fırçalama prosedürü sonucunda mine pürüzlülük değerleri artmış olsa da gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunamamıştır. Başlangıç ve fırçalama sonrası elde edilen final pürüzlülük değerlerinin grup içi yüzde değişimleri arasında ise istatistiksel fark saptanmıştır. Bu farklılığın macunların içerik farklılıklarından kaynaklanabileceği sonucuna varmışlardır²⁸⁷.

Yılmaz ve ark. , iki farklı çocuk diş macununun (Splat Kids R.O.C.S. Kids) geleneksel cam iyonomer siman yüzey özelliklerine etkisini değerlendirmeyi amaçladıkları çalışmalarında hazırlanan örnekleri yedi gün boyunca günde iki kez iki dakika boyunca altı ay fırçalamaya eşdeğer süre fırçalamışlardır. Mekanik profilometre ile yapılan ölçümlerde Ra değerleri başlangıç ölçümlerine göre artış gösterse de istatistiksel olarak anlamlı olmadığını gözlenmiştir²⁸⁸.

Augusto ve ark. , beyazlatıcı diş macunlarının ormoser ve metakrilat kompozitlerin aşınma ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, üç farklı aşındırıcı partikül içeren (Alumina, perlit, bikarbonat) diş macunu ile 50 ay fırçalamaya eşdeğer süre fırçalamışlardır. Optik profilometre ile yapılan ölçümlerde test edilen tüm kompozitlerin pürüzlülüğü fırçalamadan sonra artmıştır. Nanofil kompozit, önceki çalışmalara uygun olarak nanohibrit kompozitlere göre daha düşük pürüzlülük değişikliği göstermiştir. Alümina bazlı diş macunu en yüksek değişimi neden olurken, sodyum bikarbonat bazlı macun en az değişime neden olmuştur. Çalışmanın sonuçlarına göre, test edilen tüm beyazlatıcı diş macunlarından kaynaklanan aşınma klinik olarak kabul edilebilir düzeyde bulunmuştur ²¹⁶.

Çalışmamız optik profilometre ölçümleri sonucunda McCabe ve ark. ²⁸¹, da Cas ve ark. ²⁸², Monteiro ve ark. ²¹⁴, Senawongse P. ve ark. ²⁸³, Chimello ve ark. ²¹⁰, Augusto ve ark. ²¹⁶’nın çalışmaları ile uyumlu olarak fırçalama sonrasında örneklerin yüzey pürüzlülüğünün arttığı gözlenmiştir. Çalışmamızın bulgularının aksine Roselino ve ark. ²⁸⁵, fırçalama simülasyonunun yüzey pürüzlülüğünde anlamlı bir değişikliğe neden olmadığını gözlemlemişlerdir.

Çalışmamızda optik profilometre ile yaptığımız ölçümler SEM ve AFM ölçümleri ile desteklenmiştir. SEM analizinde final ölçümünde bütün gruplarda çukur ve çatlaklara rastlanmıştır. Başlangıç SEM görüntülerinde izlenen çiziklerin cila işlemlerinden kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz. Grup 1(Kontrol) ve Grup 4 (Jack’N Jill) SEM görüntülerinde benzer şekilde rezin matriste çatlamlar gözlenmiştir. SEM görüntüleri ile uyumlu şekilde optik profilometre ve AFM final değerleri de benzerlik göstermektedir. Grup 3 (Sensodyne Promine Kids) SEM analizinde başlangıç görüntüsünde pürüzsüz bir yüzey gözlenirken fırçalamadan sonra daha yüksek yüzey düzensizlikleri, rezin matris aşınması ve daha fazla dolgu partikülünün açığa çıktığı gözlenmiştir. Grup 5 (Oral-B Kids) SEM analizinde rezin matriste yoğun bir aşınma ile birlikte pürüzlülükte artış gözlenmektedir. Oysa profilometre ölçümlerinde başlangıç ve final pürüzlülük değerleri yakınlık göstermektedir. SEM analizi için her gruptan rastgele bir örnek alındığından ve başlangıç SEM görüntüsünde de yüzeyde kusurlar mevcut olduğundan pürüzlülük değeri yüksek bir örneğin seçilmiş olabileceğini düşünmekteyiz.

Her gruptan temsili olarak birer örneğin AFM ölçümleri incelendiğinde optik profilometre sonuçlarına benzer Ra değerleri aldığımız söylenebilir. SEM ile kaydedilen

görüntüler ve AFM ile tespit edilen Ra değerleri ve üç boyutlu görüntüler aracılığıyla, tüm gruplarda pürüzlülüğün arttığı gözlenirse de bu artışlar ihmal edilebilecek düzeyde olup sadece Grup 3 (Sensodyne Promine Kids)' te belirgin bir artış gözlenmiştir. Çalışmamızdaki tüm örnek gruplarımızda hem optik profilometre hem de AFM ile belirlenen Ra değerleri, bakteri kolonizasyonu için kritik eşik değeri olarak belirlenen 0.2 µm'nin altında olduğunu tespit ettik¹³.

SEM ve AFM, yüzey özelliklerini ölçmek için kullanılabilir ve standart bir mekanik yüzey profilometresinin ölçüm ölçeğinden farklı olarak atomik ölçekte bile yüzey topografyası ve dokusunun doğru görüntülerini geliştirebilir¹. SEM, yüzeyde oluşan yüzey çiziklerini ve kusurlarını gözlemlemek için yaygın olarak kullanılır. Bununla birlikte, SEM'in yüzey topografyasının tanımlanmasında sınırlamaları vardır. Elektron ışını tekniği üç boyutlu yüzey dokusunun görüntülenmesine izin vermez. Ayrıca, ışın tekniklerinde kontrast farklı elektron emisyonuna dayandığından, bunlar düz homojen yüzey malzemeleri üzerinde kontrast oluşturamaz. AFM kalitatif ölçümler için de uygulanabilir ve üç boyutlu veriler sağlar. SEM ve AFM teknikleri arasındaki farklar, AFM'nin yüzey topografyasının daha ayrıntılı bir tanımını sunabileceğini göstermektedir¹⁷⁸.

Kompozitteki ayrı dolgu partikülleri gibi AFM ile açıkça çözülebilen özellikler, her zaman mekanik profilometrede görülmez. Ek olarak, diş fırçası aşındırma işleminde bir dizi kıl tarafından kompozit yüzeyinde oluşturulan oluklar gibi özellikler, AFM ile karakterize edilemeyecek kadar büyük olabilir. Bu, AFM ve yüzey profilometri analizinden elde edilen farklı sonuçları açıklayabilir. Bu aynı zamanda, yüzey morfolojisini tam olarak karakterize etmeye çalışırken geniş bir boyut aralığı üzerinden bilgi elde edebilen birden fazla analitik tekniğin (AFM, yüzey profilometrisi vb.) dikkate alınması ihtiyacını da gösterebilir²²⁸.

Fırçalama döngüsü rezin matrisinin daha fazla aşınmasına ve dolayısıyla dolgu partiküllerinin daha fazla açığa çıkmasına neden olur. Doldurucu partiküller rezin matristen daha yüksek elastik modüle sahip olduğundan, bu yüklerin çoğunu taşıyabilirler. Doldurucu partikül ve rezin arasındaki nispeten zayıf bağ nedeniyle, çoğu parçacık normal ve sürtünme kuvvetlerinin birleşik etkisine dayanamaz. Bu nedenle parçalanmaya veya yerinden oynamaya eğilimlidirler. Dolgu maddelerinin artan yer değiştirmesi ile yorulma çatlakları daha kolay indüklenir, matrisin bütünlüğü kademeli

olarak bozulur ve materyal kaybına neden olur. Organik matrisin aşınması, inorganik partiküllerin açığa çıkması ve dolgu partiküllerinin kaybı muhtemel aşınma mekanizmasını ve AFM ve SEM görüntülerindeki değişimi açıklayabilir ^{289,290}.

Literatürde diş macunlarının ve diş fırçalamanın diş sert dokuları ve restoratif materyal yüzeylerindeki etkilerini araştıran çok sayıda çalışma bulunmaktadır (191, 193, 259-261, 263). Çocuk diş macunlarına yönelik araştırmalar daha çok macunların güvenilirliği ve florür dozu üzerine odaklanmıştır (96, 266, 267). Bizim çalışmamızda da literatür ile uyumlu olarak fırçalama prosedürü sonrasında başlangıç ölçümlerine göre pürüzlülük artışı görüldü. Diğer gruplar ile karşılaştırıldığında Grup 3 (Sensodyne Promine Kids) başlangıç Ra değerine göre anlamlı bir artış göstermiştir. Farklı çocuk diş macunlarının poliasit modifiye kompozit rezinler üzerinde farklı yüzey pürüzlülükleri sergilemezler şeklinde kurduğumuz hipotez reddedildi.

Çalışmamızda kullanılan macunlardan ikisi aşındırıcı partikül olarak silika içerirken diğer ikisi hidrate silika içermektedir. Silikalar birçok partikül boyutunda ve özelliğinde mevcuttur. Diğer diş macunu bileşenleri ile büyük ölçüde reaksiyona girmezler ve son yıllarda en sık kullanılan aşındırıcı haline gelmişlerdir. Silikalar, çözünür florürlerle uyumludur. Sensodyne Promine Kids ve Oral-B Kids'te aşındırıcı partikül olarak hidrate silika bulunmasına rağmen Sensodyne Promine Kids Ra değeri anlamlı şekilde daha yüksek çıkmıştır. Hamza ve ark., yeni/alternatif diş macunlarının dentin aşındırıcılığını ve temizleme etkinliğini araştırdıkları çalışmalarında iki diş macununun aynı aşındırıcıları kullanmasının mutlaka aynı aşındırıcılık değerine sahip oldukları anlamına gelmediğini, her diş macunundaki aşındırıcı miktarı, şekli ve aglomerasyon derecesinin diş macununun aşındırıcılığını karakterize etmede önemli bir rol oynadığını belirtmişlerdir ²⁹¹. Heterojen dizilimler ve düzensiz formlara sahip partiküllerden oluşan malzemeler, homojen düzenlemeler ve düzenli formlarla oluşturulanlara göre daha aşındırıcıdır ²⁹². Ancak, alternatif aşındırıcıların bir arada bulunması, geleneksel aşındırıcıların neden olduğu abraziv dentin aşınmasını maskeleyebilir veya sinerji oluşturabilir ²⁹¹. Moore ve ark., aşındırıcı partiküllerin tek başına ve deterjanlar ile birlikte dentin aşınması üzerindeki etkilerini ölçtükleri in vitro çalışmada silika aşındırıcıların, benzer parçacık boyutu dağılımına rağmen aşınma özelliklerinde farklılık gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Farklı deterjanlar, aşındırıcıların etkilerini olumlu veya olumsuz yönde modüle etmiştir. SLS'nin test edilen aşındırıcıların

tümü için olmasa da çoğu için aşındırıcılığı azalttığını gözlenmiştir. Bu durum oluşan köpüklerin yüzey ile temas halinde olan aşındırıcı madde miktarını azaltması ile açıklanabilir. Aynı aşındırıcı partikülü içeren Oral-B Kids macun grubunda daha düşük pürüzlülük değerlerinin elde edilmesi yüzey aktif ajan olarak SLS içermesine bağlı olabilir. Diğer gruplar ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturan Sensodyne Promine Kids yapısında yüzey aktif madde olarak SLS yerine cocomidopropil betain (CAPB) içerir. Cocomidopropil betain (CAPB), hindistancevizi yağı ve dimetilaminopropilaminden türetilen bir karışımıdır. Cilt ve mukoza zarlarını SLS gibi deterjanlara göre daha az tahriş ettiği kabul edildiğinden çocuk diş macunlarına dahil edilen bir bileşimdir ²⁹³.

Aşındırıcı partikülün abraziv özelliği kullanılan deterjan kombinasyonu ile etkileşimine bağlı olarak değişebilir. Diş macununun diğer bileşenleri, özellikle kıvam arttırıcılar veya nemlendiriciler düşünüldüğünde durum daha karmaşık hale gelecektir. Deterjan kullanılmamasına rağmen, bu ajanların aşındırıcı partiküllerin özelliklerini etkilediğini gösteren çalışmalar da vardır ²⁰⁴. Çeşitli bileşenlerin aşındırıcılığı nasıl etkileyebileceği konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır, ancak kıyaslanabilecek ve karşılaştırılabilir çok sayıda kombinasyon göz önüne alındığında bu araştırmaların sınırlılıkları vardır. Aşındırıcılar, deterjanlar ve kıvam arttırıcılar gibi olası ana değişkenleri değerlendirmek daha gerçekçi görünmektedir. Kimyasal olarak özdeş aşındırıcıların diş macunun bileşimine bağlı olarak farklı aşınma oranlarına sahip olması, aynı tip aşındırıcıları kullanan diş macunlarının temizleme gücü potansiyellerine göre neden farklılık gösterdiğini açıklayabilir. Diş macununun aşındırıcı özellikleri, yalnızca aşındırıcı maddeleriyle sınırlı kalmayıp, tam bileşimi temelinde belirlenmelidir. Çalışmamızda aşındırıcı partikül olarak hidrate silika içeren Sensodyne Promine Kids Ra değerinin aynı aşındırıcı partikülü içeren Oral-B Kids ile farklı değerler göstermesi aşındırıcı partikülün boyutu, şekli, aglomerasyon derecesi gibi farklı fiziksel özellikleri ya da macun formülasyonundaki diğer bileşenlerle girdiği etkileşimden kaynaklanıyor olabilir.

Yüzey pürüzlülüğü, restoratif materyallerin daha kolay aşınmasına, parlaklığın azalmasına, renk değiştirmesine ve daha fazla plak birikimine sebep olan önemli bir etkidir ^{247,294,295}. Diş macunu ve fırça abrazyonu, okluzal yükler, yiyecek ve içeceklerin neden olduğu erozyon, restorasyon yüzeylerinin yetersiz polisajı, materyalin doldurucu

içeriği, boyutu, tipi, organik matrikse oranı ve polimerizasyon derecesi gibi yüzey pürüzlülüğünü etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır²⁹⁵⁻²⁹⁸.

Abraziv aşınma oranı, yüzey pürüzlülüğü, parçacık boyutu dağılımı ve yüzey sertliği gibi malzemelerin dış yüzeylerini karakterize eden özellikler tarafından belirlenir²⁹⁹⁻³⁰¹. Ek olarak, çok sert ve pürüzlü bir malzeme karşıt diş yapısını çizebilir, oluk açabilir ve aşındırabilir³⁰². Dental restoratif materyallerin genel bir gerekliliği olarak, yüzey özellikleri doğal dentisyona yakın olmalıdır³⁰¹. Fizyolojik aşınma gösteren süt dişlerinde form ve fonksiyon arasında doğal ve sürekli değişen bir ilişki gözlenir. Çocuklarda kullanılacak restoratif materyaller bu dişlere benzer bir aşınmaya maruz kalmalıdır³⁰³. Çok yüksek aşınma direncine sahip bir materyalin süt dişlerinin restorasyonu için en ideal olmayabileceği unutulmamalıdır. Rezin kompozitler, süt dişlerinden daha yüksek bir aşınma direnci gösterir. Çevreleyen diş zamanla daha fazla ve daha hızlı aşındığından, kompozit restorasyonun marjın üzerinde ortaya çıkması yaygın bir klinik bulgudur. Süt dişleri ve restoratif materyal arasındaki aşınma oranlarının uyumsuzluğu, özellikle karışık dişlenme döneminde oklüzal destabilizasyona ve dentinin daha hızlı açığa çıkmasına neden olabilir. Aşınma, parafonksiyonel, diş fırçalama ile artabilir^{303,304}. Diş minesinde hafif aşınmanın doğal olarak süt dişlerinde herhangi bir ek soruna yol açmadan meydana geldiği ve süt dişlerinin eksfoliye olduğu göz önüne alındığında orta derecede aşınma direncine sahip kompomerler veya bazı GIC'ler, süt dişlerinin oklüzal restorasyonları için yeterli olabilir³⁰⁵.

Birçok restoratif materyalin diş yüzeyine kıyasla daha yüksek yüzey enerjisi, restorasyonun yüzeyi ve kenar boşluklarında debris, tükürük ve bakterileri biriktirme eğilimi ile sonuçlanabilir. Bu durum rezin kompozit ve amalgam restorasyonlarının kenarlarında minede görülen sekonder çürük lezyonların nispeten yüksek olmasına sebep olabilir. Dental materyaller üzerinde biyofilm oluşumunun in vivo ve in situ çalışmaları tutarsız sonuçlar vermiştir ve materyaller üzerinde birikme eğilimi henüz belirlenmemiştir. Streptococcus mutans gibi karyojenik organizmaların seviyelerinin posterior rezin restorasyonlarına bitişik biyofilmlerde amalgam veya cam iyonomer restorasyonlarına bitişik biyofilmlerden daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Oral biyofilmlerin oluşumu, rezin kompozitlerinin yüzey pürüzlülüğündeki bir artış, karyojenik organizmalar tarafından asit üretimi nedeniyle materyalin bozulması, rezin matrisinin hidrolizi ve restorasyon yüzeyinin mikro sertliğinde bir azalma ile

ilişkilendirilmiştir. Tükürük ve bakteri kaynaklı esterazlar da bozunma kaynakları olarak gösterilmiştir. Ek olarak, planktonik bakterilerin restoratif materyal ve diş arasındaki adeziv ara yüze girerek sekonder çürük ve pulpa patolojisine yol açabileceği teorize edilmiştir. Tüm bu faktörler, yüzey pürüzlülüğünü daha da artıran ve yüzeye bakteriyel bağlanmayı teşvik eden bir bakteri-yüzey etkileşimi döngüsü oluşturur, böylece bitişik mineyi sekonder çürükler için daha büyük risk altında tutar. Cam iyonomer ve rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomer biyomateryalleri üzerinde biyofilm birikimi, bu biyomateryallerin yüzey pürüzlülüğündeki artışla ilişkili bir faktördür. Florür salan materyaller ve özellikle cam iyonomerler ve kompomerler, biyofilmlerdeki bakteriler tarafından üretilen asitleri nötralize edebilir ¹⁵⁷.

Kompomerlerin başka bir avantajı, kolay manipüle edilebilebilmesi; kolayca uygulama ve şekillendirmeye olanak tanınmasıdır. Son bitirme ve cilalama için daha az zaman gerekir. Bu özellikler restorasyonların hızlı bir şekilde yerleştirilmesi gereken çocukları tedavi ederken özellikle faydalıdır. Kompomerler, geleneksel veya rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomer simanlara göre dentine daha yüksek bir bağlanma dayanıklılığına ve oklüzal yüke daha yüksek dirence sahiptir ³⁰⁶. Mekanik özellikleri genel olarak kompozit rezinlerden daha düşüktür. Bu, insizal kenar onarımı gibi yüksek stres taşıyan durumlarda kullanımlarını engeller. Aşınma direnci, CİS'ler ve RMCİS'lerden daha iyidir. Bununla birlikte, kompozit rezinlerle karşılaştırıldığında aşınma direnci daha azdır ^{172,307-309}.

Kompomer yüzeyinde ilk polimerizasyondan sonra eksojen su emilimi ile meydana gelen asit-baz reaksiyonu ile oluşan karboksilattan zengin yüzeyin, kompomerlerin kompozitlere kıyasla daha düşük aşınma direncine katkıda bulunabileceği öne sürülmüştür. Emilen suyun, kompomer yüzeyinin aşınma direncini azaltan bir plastikleştirici etkiye sahip olması da mümkündür ^{280,310}. Kompozitler ve kompomerler arasındaki bu aşınma farkı, organik fazlarında bulunan farklı polimerler, kompomerlerin tipik olarak daha düşük toplam dolgu içeriği ve kompozitlere kıyasla daha yüksek ortalama dolgu partikül boyutu ve ara yüzde devam eden asit-baz reaksiyonu ile ilgili olabilir ^{280,311}.

Van Dikjen, bir kompomer (Dyract), rezin modifiye cam iyonomer (Fuji II LC) ve hibrit rezin kompoziti (Pekafill) marjinal bütünlük, renk değişikliği ve yüzey pürüzlülüğü açısından klinik olarak karşılaştırılmış ve değerlendirdiği üç yıl takipli

çalışmasında rezin kompozit en iyi marjinal adaptasyon ve en az pürüzlülük değişikliğini gösterirken kompomer materyal, düşük renk değişikliği ve orta pürüzlülük değişikliği göstermiştir. En yüksek renk ve pürüzlülük değişikliği gösteren materyal ise rezin modifiye cam iyonmer olmuştur ³¹².

Hse ve ark. süt dişlerinde Dyract kompomer restoratif materyallerin performansını değerlendiren çift kör, kontrollü, bir yıl takip süreli klinik çalışmalarında genel olarak, çocuklarda süt dişlerini restore etmek için amalgama uygun bir alternatif gibi görüldüğünü göstermiştir. Dyract'ın sekonder çürük, renk uyumu, marjinal bütünlük ve anatomik formdaki klinik performansı, en yeni nesil geleneksel hibrid kompozit rezinler ile karşılaştırılabilir bulunmuştur. Bununla birlikte, marjinal renk değişikliği ve aşınmadaki klinik performansı, geleneksel hibrit kompozit rezinlere göre daha düşük bulunmuştur ³⁰⁶.

El-Kalla ve ark. üç kompomerin (Compoglass, Dyract ve Hytac) basınç dayanımını, eğilme dayanımını, mikro sertliğini ve yüzey pürüzlülüğünü reçineyle modifiye edilmiş bir cam iyonmer siman (Vitremar) ve bir rezin kompoziti (Z100) ile karşılaştırmış ve test edilen üç kompomerin eğilme ve basınç dayanımlarının ve mikro sertliğinin Vitremar'den daha yüksek, Z100'dan daha düşük olduğunu göstermişlerdir. Kullanılan kompomerlerin ve kompozitin yüzey pürüzlülüğü arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ³¹³.

Nainar ve ark. , süt dişlerinde Sınıf II kaviteler için diğer restoratif materyallerle kompomerlerin klinik başarısını karşılaştırıldıkları sistematik derlemede; kompomerlerin, amalgamlar ve hibrit kompozitler yerine alternatif bir restoratif materyal olarak kullanılabileceğini buldular. Ayrıca pulpektomilerden sonra kompomerlerin restorasyonu için kullanılmaması gerektiği de kaydetmişlerdir ³¹⁴.

Lazaridou ve ark. , süt dişlerinde posterior restorasyonlarda kullanılan kompomer, rezin modifiye cam iyonmer siman (RMCIS'ler), cam iyonmer simanların (CIS'ler) aşınma direncini amalgam ile karşılaştırarak değerlendirdikleri çalışmalarında amalgam en yüksek aşınma direncine sahip iken RMCIS'lerin en düşük aşınma direncine sahip olduğunu bulmuşlardır. Test edilen kompomerler arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ³⁰⁵.

Soncini ve ark. posterior süt ve daimi dişlerde amalgamın uzun ömürlülüğünü kompomer / kompozit restorasyonlar ile karşılaştırdıkları çalışmalarında; genel fark

istatistiksel olarak anlamlı olmasa da, kompomer restorasyonların tekrarlayan çürükler nedeniyle önemli ölçüde daha sık değiştirildiğini ve kompozit restorasyonların amalgam restorasyonların yedi katı onarım gerektirdiğini bulmuşlardır. Diş hekimleri, uzun ömürlülüğün yanı sıra kompomer, kompozit ve amalgam restoratif materyallerin avantaj ve dezavantajlarını değerlendirirken tanı, materyal yerleştirme kolaylığı, ağız hijyeni, gelecekteki çürükler için risk profili, estetik talepler ve finansal hususları dikkate almalıdır. Uzun ömür, hangi restoratif materyalin kullanılacağına belirlenmesinde önemli bir husustur³¹⁵.

Van Dijken, Hse ve ark. , Lazaridou ve ark., El-Kalla ve ark. çalışmaları ile kompomerlerin kompozit ve cam iyonomer materyallerin arasında fiziksel özellikler gösterdiğini desteklemiştir. Diş hekimleri, uzun ömürlülüğün yanı sıra kompomer, kompozit ve amalgam restoratif materyallerin avantaj ve dezavantajlarını değerlendirirken tanı, materyal yerleştirme kolaylığı, ağız hijyeni, gelecekteki çürükler için risk profili, estetik talepler ve finansal hususları dikkate almalıdır. Uzun ömür, hangi restoratif materyalin kullanılacağına belirlenmesinde önemli bir husustur. Oral biyofilmlerin sert yüzeylerden çıkarılması çürük kontrolü için çok önemlidir ve en etkili şekilde özellikle interproksimal bölgelerde ve posterior dişlerde, yardımcı kimyasal ajan olan diş macunu ile mekanik fırçalama ile gerçekleştirilir. Diş fırçalama yüzey pürüzlülüğünü artırarak bakteriyel tutulumu izin verecek aşınma süreci ile ilişkili olmasına rağmen, mekanik plak uzaklaştırmanın kimyasal yöntemlerden daha etkili olduğu gösterilmiştir. Bunun nedeni, biyofilmlerdeki bakterilerin, karmaşık bir biyofilm matrisi içine gömüldüğünde tipik olarak konakçı bağışıklık tepkisinden, antibiyotiklerden ve antibakteriyellerden iyi bir şekilde korunmalarıdır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çocuk diş macunlarının poliasit modifiye kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin in vitro olarak değerlendirildiği bu çalışmada;

1. Sensodyne Promine Kids'den elde edilen ölçümlerde final ölçümlerinin, başlangıç ölçümlerine göre anlamlı olarak arttığı saptandı ($p=0,002$; $p<0,05$).
2. Grup 1 (Kontrol) 'den elde edilen hassas terazi ölçümlerinin başlangıç ve final bulgularının homojenlik gösterdiği tespit edilirken ($p>0,05$), test grubundaki örneklerden elde edilen final bulgularının başlangıç bulgularına göre daha düşük olduğu gözlemlendi ($p<0,05$).
3. Hassas terazi ölçümlerinin başlangıç ve final bulgularının gruplar arasındaki farklılıklarının anlamlı olmadığı tespit edildi ($p>0,05$).
4. Tüm gruplarda alan yüzey pürüzlülüğü (Sa) ölçümlerinin final değerlerinin, başlangıç değerlerine göre daha yüksek olduğu belirlendi ($p<0,05$).
5. AFM ile elde edilen ölçümler optik profilometre ölçümlerini destekler nitelikte olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışmamızda yüzey pürüzlülüğü optik profilometre, AFM, SEM ve hassas terazi vasıtası ile hem kalitatif hem de kantitatif olarak değerlendirmiştir. Çalışmamızın sonuçlarına göre macun formülasyonunda aşındırıcılık oranını etkileyen pek çok unsur olmasına rağmen kompomer ile restore ettiğimiz vakalarda oral hijyen uygulamaları için aşındırıcı partikül olarak silika içeren diş macunlarının daha güvenilir olduğu söylenebilir.

Çalışmamızın kısıtlılıklarına rağmen çocuk diş macunlarının çocuk diş hekimliğinde sıklıkla tercih edilen restoratif materyal olan kompomerin yüzey özelliği üzerindeki etkilerini araştıran nadir bir çalışmadır. Çocuk diş macunlarının restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini araştırmak için daha kapsamlı, ağız içi ortamı taklit edebilen ve daha uzun süreli laboratuvar çalışmaları ve uzun dönem klinik çalışmaların yapılmasında fayda vardır.

KAYNAKLAR

1. **Mohankumar K, Priya N, Madhushankari G.** Anti cariogenic efficacy of herbal and conventional tooth pastes-a comparative in-vitro study. *Journal of International Oral Health: JIOH*. **2013**;5(2):8.
2. **Balakrishnan M, Simmonds RS, Tagg JR.** Dental caries is a preventable infectious disease. *Australian dental journal*. **2000**;45(4):235-245.
3. **Li Y, Wang W.** Predicting caries in permanent teeth from caries in primary teeth: an eight-year cohort study. *Journal of dental research*. **2002**;81(8):561-566.
4. **Stovell AG, Newton BM, Lynch RJ.** Important considerations in the development of toothpaste formulations for children. *International dental journal*. **2013**;63:57-63.
5. **Levy SM, McGrady JA, Bhuridej P, Warren JJ, Heilman JR, Wefel JS.** Factors affecting dentifrice use and ingestion among a sample of US preschoolers. *Pediatric dentistry*. **2000**;22(5):389-394.
6. **Walsh T, Worthington HV, Glenny AM, Marinho VC, Jeroncio A.** Fluoride toothpastes of different concentrations for preventing dental caries. *Cochrane database of systematic reviews*. **2019**(3).
7. **Zohoori FV, Duckworth RM, Omid N, O'Hare WT, Maguire A.** Fluoridated toothpaste: usage and ingestion of fluoride by 4-to 6-yr-old children in E ngland. *European journal of oral sciences*. **2012**;120(5):415-421.
8. **Kleber CJ, Putt MS, Muhler JC.** Duration and pattern of toothbrushing in children using a gel or paste dentifrice. *Journal of the American Dental Association (1939)*. **1981**;103(5):723-726.
9. **Rinchuse D, Zullo T.** Taste preferences among children and dental hygienists for sweetened and unsweetened toothpastes. *Clinical preventive dentistry*. **1981**;3(6):6-8.
10. **Spear C, Savisky L.** A study of children's taste and visual preferences in dentifrices. *ASDC journal of dentistry for children*. **1991**;58(4):300-302.
11. **Davis W.** The cleansing, polishing and abrasion of teeth and dental products. *Cosmetic science*. **1978**;1:39-81.
12. **White D.** Development of an improved whitening dentifrice based upon" stain-specific soft silica" technology. *The Journal of clinical dentistry*. **2001**;12(2):25-29.
13. **Bollenl CM, Lambrechts P, Quirynen M.** Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dental materials*. **1997**;13(4):258-269.
14. **Giles A, Claydon N, Addy M, Hughes N, Sufi F, West N.** Clinical in situ study investigating abrasive effects of two commercially available toothpastes. *Journal of oral rehabilitation*. **2009**;36(7):498-507.
15. **Macdonald E, North A, Maggio B, et al.** Clinical study investigating abrasive effects of three toothpastes and water in an in situ model. *Journal of dentistry*. **2010**;38(6):509-516.

16. **Khalefa M, Finke C, Jost-Brinkmann P-G.** Effects of air-polishing devices with different abrasives on bovine primary and second teeth and deciduous human teeth. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*. **2013**;74(5):370-380.
17. **Roberson TM, Heyman HO, EJ S.** *Introduction to art and science of operative dentistry*. 5th edition ed: Mosby Co, St Louis; **2006**.
18. **Nguyen DH, Martin JT.** Common dental infections in the primary care setting. *Am Fam Physician*. **2008**;77(6):797-802.
19. **Davies RM, Scully C, Preston AJ, .** Dentifrices--an update. *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal*. **2010**;15 6:e976-982.
20. **O'Mullane D.** Can Prevention Eliminate Caries? *Advances in Dental Research*. **1995**;9(2):106-109.
21. **Harris NO, Garcia-Godoy F.** *Primary preventive dentistry*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education; **2004**.
22. **Bowden G.** The microbial ecology of dental caries. *Microbial ecology in health and disease*. **2000**;12(3):138-148.
23. **Fejerskov O, Kidd E.** *Dental caries: the disease and its clinical management*. John Wiley & Sons; **2009**.
24. **Dye BA, Tan S, Smith V, et al.** Trends in oral health status; United States, 1988-1994 and 1999-2004. **2007**.
25. **Hummel R, Akveld NAE, Bruers JJM, van der Sanden WJM, Su N, van der Heijden GJMG.** Caries Progression Rates Revisited: A Systematic Review. *Journal of Dental Research*. **2019**;98(7):746-754.
26. **Axelsson P.** *Diagnosis and risk prediction of dental caries*. Vol 2: Quintessence Publishing Company Chicago; **2000**.
27. **Ekstrand K, Kuzmina I, Kuzmina E, Christiansen M.** Two and a Half-Year Outcome of Caries-Preventive Programs Offered to Groups of Children in the Solntsevsky District of Moscow. *Caries research*. **2000**;34(1):8-19.
28. **Zero DT.** Dental caries process. *Dental Clinics of North America*. **1999**;43(4):635-664.
29. **Mortimer K.** The relationship of deciduous enamel structure to dental disease. *Caries research*. **1970**;4(3):206-223.
30. **Ten CA.** Oral Histology: development, structure, and function. *Mosby St Louis*. **1998**.
31. **Kandelman D.** Sugar, alternative sweeteners and meal frequency in relation to caries prevention: new perspectives. *British Journal of Nutrition*. **1997**;77(S1):S121-S128.
32. **Humphrey SP, Williamson RT.** A review of saliva: normal composition, flow, and function. *The Journal of prosthetic dentistry*. **2001**;85(2):162-169.
33. **Dane A.** *Çocuklarda Helicobacter Pylori Gastriti ve Çölyak Hastalığının Ağız Sağlığı Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi* **2014**.
34. **Kaufman E, Lamster IB.** The diagnostic applications of saliva—a review. *Critical Reviews in oral biology & medicine*. **2002**;13(2):197-212.

35. **Tomás I, Marinho J, Limeres J, Santos M, Araújo L, Diz P.** Changes in salivary composition in patients with renal failure. *archives of oral biology*. **2008**;53(6):528-532.
36. **Türker M, Yüçetaş Ş.** *Ağız, diş, çene hastalıkları ve cerrahisi*. Atlas Kitapçılık; **1997**.
37. **Le Bell Y, Söderling E, Karjalainen S.** Effect of repeated sampling and prestimulation on saliva buffer capacity and flow rate values in children. *European Journal of Oral Sciences*. **1991**;99(6):505-509.
38. **Mundorff SA, Eisenberg AD, Leverett DH, Espeland MA, Proskin HM.** Correlations between Numbers of Microf lora in Plaque and Saliva. *Caries research*. **1990**;24(5):312-317.
39. **Riccelli AE, Kelly LS.** Prevention Strategies for Dental Caries in the Adolescent. *Dental Clinics*. **2006**;50(1):33-49.
40. **Schiweck H, Clarke M, Pollach G.** Sugar. *Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry*. **2000**.
41. **Trahan L.** Xylitol: a review of its action on mutans streptococci and dental plaque--its clinical significance. *International dental journal*. **1995**;45(1 Suppl 1):77-92.
42. **Kargül B, Yarat A, Tanboğa I, Emekli N.** Salivary protein and some inorganic element levels in healthy children and their relationship to caries. *Journal of Marmara University Dental Faculty*. **1994**;2(1):434-440.
43. **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). *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. **2004**;28(3):203-214.
44. **Aframian D, Davidowitz T, Benoliel R.** The distribution of oral mucosal pH values in healthy saliva secretors. *Oral diseases*. **2006**;12(4):420-423.
45. **Çoğulu D, Menderes M, Ersin N.** Süt dişlenme döneminde biyofilm varlığının ağız ve diş sağlığı üzerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. **2009**;18:63-67.
46. **Rosan B, Lamont RJ.** Dental plaque formation. *Microbes and Infection*. **2000**;2(13):1599-1607.
47. **Takeshita T, Yasui M, Shibata Y, et al.** Dental plaque development on a hydroxyapatite disk in young adults observed by using a barcoded pyrosequencing approach. *Scientific reports*. **2015**;5:8136.
48. **Marsh PD.** Dental plaque as a biofilm and a microbial community—implications for health and disease. Paper presented at: BMC Oral health **2006**.
49. **Kolenbrander PE.** Oral microbial communities: biofilms, interactions, and genetic systems. *Annual Reviews in Microbiology*. **2000**;54(1):413-437.
50. **Çakır FY, Gürkan S, Attar N.** Çürük mikrobiyolojisi. *Hacettepe Diş Hek Fak Derg*. **2010**;34(3):78-91.
51. **Özkoçak BBC, Karaarslan EŞ, Aytaç F.** Tükürük Proteinleri ve Çürük Üzerine Etkileri. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*. **2017**;23(1):56-64.
52. **Bernimoulin JP.** Recent concepts in plaque formation. *Journal of clinical Periodontology*. **2003**;30:7-9.
53. **Hannig C, Hannig M.** The oral cavity—a key system to understand substratum-dependent bioadhesion on solid surfaces in man. *Clinical oral investigations*. **2009**;13(2):123-139.

54. **Gibbons RJ.** Bacterial adhesion to oral tissues: a model for infectious diseases. *Journal of dental research.* **1989**;68(5):750-760.
55. **Gibbons R, Hay D, Childs Iii W, Davis G.** Role of cryptic receptors (cryptitopes) in bacterial adhesion to oral surfaces. *Archives of oral biology.* **1990**;35:S107-S114.
56. **Foster JS, Kolenbrander PE.** Development of a multispecies oral bacterial community in a saliva-conditioned flow cell. *Appl Environ Microbiol.* **2004**;70(7):4340-4348.
57. **Kolenbrander PE, Andersen RN, Blehert DS, Egland PG, Foster JS, Palmer RJ.** Communication among oral bacteria. *Microbiol Mol Biol Rev.* **2002**;66(3):486-505.
58. **Rugg-Gunn A.** Dental caries: strategies to control this preventable disease. *Acta medica academica.* **2013**;42(2):117.
59. **Moynihan P, Petersen PE.** Diet, nutrition and the prevention of dental diseases. *Public health nutrition.* **2004**;7(1a):201-226.
60. **Koch G, Poulsen S, Espelid I, Haubek D.** *Pediatric Dentistry: A Clinical Approach, 3rd Edition.* Wiley-Blackwell; **2017**.
61. **Hefferren J.** Scientific consensus on methods for assessment of the cariogenic potential of foods. *J Dent Res.* **1986**;65:1473-1543.
62. **Saydam G.** Karbonhidratlar-diş çürüğü ilişkisi ve sağlık eğitiminde beslenme bilgisi. *TDBD.* **1998**;44:26-33.
63. **Peker K, Bermek G.** Diş Çürüklerinin Etiyolojisinde ve Önlenmesinde Fermente Olabilen Karbonhidratların Önemi. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry.* **2008**;42(3-4):1-9.
64. **Featherstone JD.** Caries prevention and reversal based on the caries balance. *Pediatric dentistry.* **2006**;28(2):128-132.
65. **Bowen W, Pearson S.** The effects of sucralose, xylitol, and sorbitol on remineralization of caries lesions in rats. *Journal of Dental Research.* **1992**;71(5):1166-1168.
66. **Horowitz H.** Combinations of Caries-Preventive Agents and Procedures. *Journal of Dental Research.* **1980**;59:2183-2189.
67. **Cheng X, Xu P, Zhou X, et al.** Arginine promotes fluoride uptake into artificial carious lesions in vitro. *Australian dental journal.* **2015**;60(1):104-111.
68. **Amaechi BT, Van Loveren C.** Fluorides and non-fluoride remineralization systems. In: *Toothpastes.* Vol 23. Karger Publishers; **2013**:15-26.
69. **Duckworth RM.** Pharmacokinetics in the oral cavity: fluoride and other active ingredients. In: *Toothpastes.* Vol 23. Karger Publishers; **2013**:125-139.
70. **Buzalaf MAR, Pessan JP, Honório HM, Ten Cate JM.** Mechanisms of action of fluoride for caries control. In: *Fluoride and the oral environment.* Vol 22. Karger Publishers; **2011**:97-114.
71. **Wagner B, Burt B, Cantor K.** National Research Council: Health Effects of Ingested Fluoride. *Fluoride.* **1993**;26:278-278.
72. **Adair SM.** Evidence-based use of fluoride in contemporary pediatric dental practice. *Pediatric dentistry.* **2006**;28(2):133-142.

73. **Øgaard B.** Effects of fluoride on caries development and progression in vivo. *Journal of dental research*. **1990**;69(2_suppl):813-819.
74. **Axelsson P.** *An introduction to risk prediction and preventive dentistry*. Vol 1: Quintessence Publishing (IL); **1999**.
75. **Arends J, Christoffersen J.** Nature and role of loosely bound fluoride in dental caries. *Journal of Dental Research*. **1990**;69(2_suppl):601-605.
76. **Malekafzali B, Ekrami M, Mirfasihi A, Abdolazimi Z.** Remineralizing Effect of child formula dentifrices on artificial enamel caries using a pH cycling model. *Journal of dentistry (Tehran, Iran)*. **2015**;12(1):11.
77. **Hiiri A, Ahovuo-Saloranta A, Nordblad A, Mäkelä M.** Pit and fissure sealants versus fluoride varnishes for preventing dental decay in children and adolescents. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. **2010**(3).
78. **Simonsen RJ.** Pit and fissure sealant: review of the literature. **2002**.
79. **Kitchens DH.** The economics of pit and fissure sealants in preventive dentistry: a review. *J Contemp Dent Pract*. **2005**;6(3):95-103.
80. **Goepferd SJ, Olberding P.** The effect of sealing white spot lesions on lesion progression in vitro. *Pediatr Dent*. **1989**;11(1):14-16.
81. **Biesbrock AR, Bartizek RD, Walters PA.** Improved plaque removal efficacy with a new manual toothbrush. *J Contemp Dent Pract*. **2008**;9(4):1-8.
82. **Newman M, Takei H, Klokkevold P, Carranza F.** Plaque control for the periodontal patient. *Carranza, s Clinical Periodontology WB Saunders*. **2006**;743.
83. **Trubey RJ, Moore SC, Chestnutt IG.** Parents' reasons for brushing or not brushing their child's teeth: a qualitative study. *International journal of paediatric dentistry*. **2014**;24(2):104-112.
84. **Wilder RS, Bray KS.** Improving periodontal outcomes: merging clinical and behavioral science. *Periodontology 2000*. **2016**;71(1):65-81.
85. **McDonald R, Avery D, Dean J.** *McDonald and Avery's Dentistry for the Child and Adolescent 10th Edition*. Elsevier; **2015**.
86. **Penick C.** Power toothbrushes: a critical review. *International journal of dental hygiene*. **2004**;2(1):40-44.
87. **Ten Cate J, Zaura E.** The numerous microbial species in oral biofilms: how could antibacterial therapy be effective? *Advances in dental research*. **2012**;24(2):108-111.
88. **Frandsen A.** Practices: State of the science review. In: IRL Press Limited, Oxford; **1985**:93-119.
89. **Marwah N.** *Textbook of pediatric dentistry*. Jaypee Brothers, Medical Publishers Pvt. Limited; **2018**.
90. **Kumar V, Murali R, Madhusudan K, Narasimhamurthy N, Yalamalli M, Hampanavar P.** Efficacy of Finger Toothbrush in Plaque Removal in a Group of Preschool Children: A Randomized Controlled Study. *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology*. **2012**;24(3):43-46.
91. **Graveland M, Rosema N, Timmerman M, Van der Weijden G.** The plaque-removing efficacy of a finger brush (I-Brush®). *Journal of clinical periodontology*. **2004**;31(12):1084-1087.

92. **Doğan MC, Alaçam A, Aşici N, Odabaş M, Seydaoğlu G.** Clinical evaluation of the plaque-removing ability of three different toothbrushes in a mentally disabled group. *Acta Odontologica Scandinavica*. **2004**;62(6):350-354.
93. **Mladenovic R, Cvetkovic A, Martinovic B, et al.** Efficiency of chewable toothbrush in reduction of dental plaque in students. *BMC oral health*. **2019**;19(1):1-7.
94. **Pearson LS, Hutton JL.** A controlled trial to compare the ability of foam swabs and toothbrushes to remove dental plaque. *Journal of advanced nursing*. **2002**;39(5):480-489.
95. Oral cleansers. *J Am Dent Assoc*. **2003**;134(1):108.
96. **Ransier A, Epstein JB, Lunn R, Spinelli J.** A combined analysis of a toothbrush, foam brush, and a chlorhexidine-soaked foam brush in maintaining oral hygiene. *Cancer nursing*. **1995**;18(5):393-396.
97. **Lindhe J.** *Textbook of clinical periodontology*. WB Saunders Company; **1983**.
98. **Updyke J.** A new handle for a child's toothbrush. *ASDC journal of dentistry for children*. **1979**;46(2):123.
99. **Sambunjak D, Nickerson JW, Poklepovic T, et al.** Flossing for the management of periodontal diseases and dental caries in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. **2011**(12).
100. **Drisko CL.** Periodontal self-care: evidence-based support. *Periodontology 2000*. **2013**;62(1):243-255.
101. **Thosar N.** Changing Trends In Oral Hygeine and Plaque Con-trol In Children.(2016) *J Dent Oral Care* 2 (1): 1-5. *J Dent Oral Care*. **2016**;2(1).
102. **Newman MG, Takei H, Klokkevold PR, Carranza FA.** *Carranza's clinical periodontology*. Elsevier health sciences; **2011**.
103. **Sekino S, Ramberg P, Guzin Uzel N, Socransky S, Lindhe J.** The effect of a chlorhexidine regimen on de novo plaque formation. *Journal of clinical periodontology*. **2004**;31(8):609-614.
104. **Teles RP, Teles FRF.** Antimicrobial agents used in the control of periodontal biofilms: effective adjuncts to mechanical plaque control? *Brazilian Oral Research*. **2009**;23:39-48.
105. **Davies R, Davies G, Ellwood R, Kay E.** Prevention. Part 4: Toothbrushing: what advice should be given to patients? *British dental journal*. **2003**;195(3):135-141.
106. **Tartaglia GM, Kumar S, Fornari CD, Corti E, Connelly ST.** Mouthwashes in the 21st century: a narrative review about active molecules and effectiveness on the periodontal outcomes. *Expert opinion on drug delivery*. **2017**;14(8):973-982.
107. **Addy M, Jenkins S, Newcombe R.** Studies on the effect of toothpaste rinses on plaque regrowth: (I). Influence of surfactants on chlorhexidine efficacy. *Journal of clinical periodontology*. **1989**;16(6):380-384.
108. **Eley B.** Antibacterial agents in the control of supragingival plaque—a review. *British dental journal*. **1999**;186(6):286-296.
109. **Association AD.** Acceptance program guidelines: Toothbrushes. *Chicago: ADA Council on Scientific Affairs*. **1998**.

110. **Murray M, Worthington H, Blinkhorn A.** A study to investigate the effect of a propolis-containing mouthrinse on the inhibition of de novo plaque formation. *Journal of Clinical Periodontology*. **1997**;24(11):796-798.
111. **Wulknitz P.** Cleaning power and abrasivity of European toothpastes. *Advances in dental research*. **1997**;11(4):576.
112. **Fischman S.** Hare's teeth to fluorides, historical aspects of dentifrice use. *Clinical and Biological Aspects of Dentifrices New York, Oxford Medical Publications*. **1992**:1-7.
113. **Stuart LF.** The history of oral hygiene products: how far have we come in 6000 years? *Periodontology 2000*. **1997**;15:7-14.
114. **Lippert F.** An introduction to toothpaste - its purpose, history and ingredients. *Monogr Oral Sci*. **2013**;23:1-14.
115. **Fischman S, Yankell S.** Dentifrices, mouthrinses, and chewing gums. *Primari Preventive Dentistry 6th ed Upper Saddle River-NJ: Pearson Prenrice Hall*. **2004**:119-144.
116. **Forward GC, James AH, Barnett P, Jackson RJ.** Gum health product formulations: what is in them and why? *Periodontology 2000*. **1997**;15:32-39.
117. **Lippert F.** An introduction to toothpaste-its purpose, history and ingredients. In: *Toothpastes*. Vol 23. Karger Publishers; **2013**:1-14.
118. **Joiner A, Schwarz A, Philpotts CJ, Cox TF, Huber K, Hannig M.** The protective nature of pellicle towards toothpaste abrasion on enamel and dentine. *Journal of dentistry*. **2008**;36(5):360-368.
119. **Macdonald JB, Tobin CA, Hurley M.** Oral leukoedema with mucosal desquamation caused by toothpaste containing sodium lauryl sulfate. *Cutis*. **2016**;97(1):E4-5.
120. **Embery G, Rølla G, de l'Europe C.** *Clinical and biological aspects of dentifrices*. Oxford University Press Oxford; **1992**.
121. **West NX, Moran JM.** Home-use preventive and therapeutic oral products. *Periodontology 2000*. **2008**;48(1):7-9.
122. **Caglar E, Kargul B, Tanboga I.** Bacteriotherapy and probiotics' role on oral health. *Oral diseases*. **2005**;11(3):131-137.
123. **Comelli EM, Guggenheim B, Stingle F, Neeser JR.** Selection of dairy bacterial strains as probiotics for oral health. *European journal of oral sciences*. **2002**;110(3):218-224.
124. **Marinho VC, Higgins J, Logan S, Sheiham A.** Fluoride toothpastes for preventing dental caries in children and adolescents. *Cochrane database of systematic reviews*. **2003**(1).
125. **Griffin S, Regnier E, Griffin P, Huntley V.** Effectiveness of fluoride in preventing caries in adults. *Journal of dental research*. **2007**;86(5):410-415.
126. **Garcia-Godoy F.** Clinical significance of the conclusions from the International Scientific Assembly on the Comparative Anticaries Efficacy of Sodium Fluoride and Sodium Monofluorophosphate Dentifrices. *American journal of dentistry*. **1993**;6:S4-S4.
127. **Stookey G, DePaola P, Featherstone J, et al.** A critical review of the relative anticaries efficacy of sodium fluoride and sodium monofluorophosphate dentifrices. *Caries research*. **1993**;27(4):337-360.

128. **Davies RM, Ellwood RP, Volpe AR, Petrone ME.** Supragingival calculus and periodontal disease. *Periodontology* 2000. **1997**;15(1):74-83.
129. **Chesters R, O'Mullane D, Finnerty A, Huntington E, Jones P.** Anti-calculus activity of a toothpaste with microgranules. *Oral diseases.* **1998**;4(3):213-216.
130. **Lobene R.** A clinical comparison of the anticalculus effect of two commercially-available dentifrices. *Clinical preventive dentistry.* **1987**;9(4):3-8.
131. **Schiff T.** The effect on calculus deposits of a dentifrice containing soluble pyrophosphate and sodium fluoride. A 3-month clinical study. *Clinical preventive dentistry.* **1986**;8(3):8-10.
132. **Volpe AR, Petrone M, De Vizio W, Davies R, Proskin H.** A review of plaque, gingivitis, calculus and caries clinical efficacy studies with a fluoride dentifrice containing triclosan and PVM/MA copolymer. *The Journal of clinical dentistry.* **1996**;7:S1-S14.
133. **Panagakos FS, Volpe AR, Petrone ME, DeVizio W, Davies RM, Proskin HM.** Advanced oral antibacterial/anti-inflammatory technology: A comprehensive review of the clinical benefits of a triclosan/copolymer/fluoride dentifrice. *The Journal of clinical dentistry.* **2005**;16:S1-19.
134. **Nagata T, Ishida H, Shinohara H, et al.** Clinical evaluation of a potassium nitrate dentifrice for the treatment of dentinal hypersensitivity. *Journal of clinical periodontology.* **1994**;21(3):217-221.
135. **Tarbet WJ, Silverman G, Stolman JM, Fratarcangelo PA.** Clinical evaluation of a new treatment for dentinal hypersensitivity. *Journal of periodontology.* **1980**;51(9):535-540.
136. **Thrash W, Dodds M, Jones D.** The effect of stannous fluoride on dentinal hypersensitivity. *International dental journal.* **1994**;44(1 Suppl 1):107-118.
137. **Schiff T, Saletta L, Baker RA, Winston JL, He T.** Desensitizing effect of a stabilized stannous fluoride/Sodium hexametaphosphate dentifrice. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995).* **2005**;26(9 Suppl 1):35-40.
138. **Docimo R, Montesani L, Maturo P, et al.** Comparing the efficacy in reducing dentin hypersensitivity of a new toothpaste containing 8.0% arginine, calcium carbonate, and 1450 ppm fluoride to a commercial sensitive toothpaste containing 2% potassium ion: an eight-week clinical study in Rome, Italy. **2009**.
139. **Petrou I, Heu R, Stranick M, et al.** A breakthrough therapy for dentin hypersensitivity: how dental products containing 8% arginine and calcium carbonate work to deliver effective relief of sensitive teeth. *Journal of Clinical Dentistry.* **2009**;20(1):23.
140. **Hossain A, Okawa S, Miyakawa O.** Effect of toothbrushing on titanium surface: an approach to understanding surface properties of brushed titanium. *Dental materials.* **2006**;22(4):346-352.
141. **Pamir T, Korkut ZO, Tezel H, Timur K, Özata F.** Aşındırıcılık değerleri farklı beyazlatıcı diş macunlarının kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertliğine etkilerinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.* **2007**;24(2):89-95.
142. **Sharif N, MacDonald E, Hughes J, Newcombe R, Addy M.** The chemical stain removal properties of whitening toothpaste products: studies in vitro. *British Dental Journal.* **2000**;188(11):620-624.
143. **Busscher H, White D, Van der Mei H, Baig A, Kozak K.** Hexametaphosphate effects on tooth surface conditioning film chemistry--in vitro and in vivo studies. *The Journal of clinical dentistry.* **2002**;13(1):38-43.

144. **Çakmakçioğlu Ö, Yılmaz P, Topba BF.** Clinical evaluation of whitening effect of whitening toothpastes: A pilot study. *Oral Health Dent Manag Black Sea Ctries.* **2009**;8:6-13.
145. **Dağ C, Özalp N.** Ağız-diş sağlığının vazgeçilmezi: diş macunları. *Acta Odontologica Turcica.* **2013**;30(3):149-156.
146. **García-Godoy F.** Resin-based composites and compomers in primary molars. *Dental Clinics of North America.* **2000**;44(3):541-570.
147. **Meyer J, Cattani-Lorente M, Dupuis V.** Compomers: between glass-ionomer cements and composites. *Biomaterials.* **1998**;19(6):529-539.
148. **Ruse ND.** What is a "compomer"? *Journal (Canadian Dental Association).* **1999**;65(9):500-504.
149. **Kopperud SE, Tveit AB, Gaarden T, Sandvik L, Espelid I.** Longevity of posterior dental restorations and reasons for failure. *European Journal of Oral Sciences.* **2012**;120(6):539-548.
150. **Kraemer N, Frankenberger R.** Compomers in restorative therapy of children: a literature review. *International Journal of Paediatric Dentistry.* **2007**;17(1):2-9.
151. **Hickel R, Kaaden C, Paschos E, Buerkle V, Garcia-Godoy F, Manhart J.** Longevity of occlusally-stressed restorations in posterior primary teeth. *American Journal of Dentistry.* **2005**;18(3):198.
152. **Nicholson JW.** Polyacid-modified composite resins ("compomers") and their use in clinical dentistry. *Dental materials.* **2007**;23(5):615-622.
153. **Hes K, Leung S, Wei S.** Resin-ionomer restorative materials for children: A review. *Australian dental journal.* **1999**;44(1):1-11.
154. **Croll TP, Helpin ML, Donly KJ.** Multi-colored dual-cured compomer. *Pediatric dentistry.* **2004**;26(3):273-276.
155. **Bala O.** Poliasit-Modifiye kompozit rezinler (Kompomerler): Literatür taraması. *Cumhuriyet Üni Diş Hek Fak Derg.* **1998**;1(2):113-118.
156. **Zimmerli B, Strub M, Jeger F, Stadler O, Lussi A.** Composite materials: composition, properties and clinical applications. A literature review. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* **2010**;120(11):972-986.
157. **Craig RG, Powers JM, Sakaguchi RL.** *Craig's restorative dental materials/edited by Ronald L. Sakaguchi, John M. Powers.* Philadelphia, PA: Elsevier/Mosby; **2019**.
158. **Young A, Rafeeka S, Howlett J.** FTIR investigation of monomer polymerisation and polyacid neutralisation kinetics and mechanisms in various aesthetic dental restorative materials. *Biomaterials.* **2004**;25(5):823-833.
159. **Walmsley AD, Walsh TF, Lumley PJ, et al.** Restoration of teeth (simple restorations) and preventative dentistry. In: *Restorative Dentistry (Second Edition).* Edinburgh: Churchill Livingstone; **2007**:73-87.
160. **Nicholson J, Czarnecka B.** 4 - Polyacid-modified composite resins (compomers). In: Nicholson J, Czarnecka B, eds. *Materials for the Direct Restoration of Teeth.* Woodhead Publishing; **2016**:69-85.
161. **Chen H, Manhart J, Hickel R, Kunzelmann K-H.** Polymerization contraction stress in light-cured packable composite resins. *Dental Materials.* **2001**;17(3):253-259.

162. **Nicholson J, Gjorgievska E, Bajraktarova B, McKenzie M.** Changes in properties of polyacid-modified composite resins (compomers) following storage in acidic solutions. *Journal of oral rehabilitation*. **2003**;30(6):601-607.
163. **Nicholson J, Alsarheed M.** Changes on storage of polyacid-modified composite resins. *Journal of oral rehabilitation*. **1998**;25(8):616-620.
164. **Torstenson B.** Contraction gap under composite resin restorations: effect of hygroscopic expansion and thermal stress. *Oper Dent*. **1988**;13:24-31.
165. **Featherstone JD.** The science and practice of caries prevention. *The Journal of the American dental association*. **2000**;131(7):887-899.
166. **Randall R, Wilson N.** Glass-ionomer restoratives: a systematic review of a secondary caries treatment effect. *Journal of dental research*. **1999**;78(2):628-637.
167. **Xu X, Burgess JO.** Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials*. **2003**;24(14):2451-2461.
168. **Mitchell C.** Dental materials in operative dentistry. In: Vol 33. Quintessence Publishing; **2019**:43-53.
169. **Grobler S, Rossouw R, Kotze TVW.** A comparison of fluoride release from various dental materials. *Journal of dentistry*. **1998**;26(3):259-265.
170. **Sales D, Sae-Lee D, Matsuya S, Ana ID.** Short-term fluoride and cations release from polyacid-modified composites in a distilled water, and an acidic lactate buffer. *Biomaterials*. **2003**;24(10):1687-1696.
171. **el-Kalla IH, García-Godoy F.** Mechanical properties of compomer restorative materials. *Operative dentistry*. **1999**;24 1:2-8.
172. **Gladys S, Van Meerbeek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G.** Comparative Physico-mechanical Characterization of New Hybrid Restorative Materials with Conventional Glass-ionomer and Resin Composite Restorative Materials. *Journal of Dental Research*. **1997**;76(4):883-894.
173. **Powers JM, Wataha JC.** *Dental Materials-E-Book: Properties and Manipulation*. Elsevier Health Sciences; **2014**.
174. **Jones C, Billington R, Pearson G.** The in vivo perception of roughness of restorations. *British dental journal*. **2004**;196(1):42-45.
175. **Craig RG, Powers JM, Sakaguchi RL.** *Craig's restorative dental materials*. Philadelphia, PA: Elsevier/Mosby; **2019**.
176. **De Jager N, Feilzer A, Davidson C.** The influence of surface roughness on porcelain strength. *Dental Materials*. **2000**;16(6):381-388.
177. **Bhushan B.** Surface roughness analysis and measurement techniques. In: *Modern Tribology Handbook, Two Volume Set*. CRC press; **2000**:79-150.
178. **Kakaboura A, Fragouli M, Rahiotis C, Silikas N.** Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. **2007**;18(1):155-163.

179. **Joniot S, Salomon JP, Dejou J, Grégoire G.** Use of two surface analyzers to evaluate the surface roughness of four esthetic restorative materials after polishing. *Operative dentistry*. **2006**;31(1):39-46.
180. **Whitehead S, Shearer A, Watts D, Wilson N.** Comparison of methods for measuring surface roughness of ceramic. *Journal of Oral Rehabilitation*. **1995**;22(6):421-427.
181. **Binnig G, Quate CF, Gerber C.** Atomic force microscope. *Physical review letters*. **1986**;56(9):930.
182. **Goldstein JI, Newbury DE, Michael JR, Ritchie NW, Scott JHJ, Joy DC.** *Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis*. Springer; **2017**.
183. **Anderson W, Griffin G, Mooney C, Wiley RS.** Electron microscope method for measuring diffraction grating groove geometry. *Applied Optics*. **1965**;4(8):999-1003.
184. **Klimek J, Hellwig E, Ahrens G.** Fluoride taken up by plaque, by the underlying enamel and by clean enamel from three fluoride compounds in vitro. *Caries Research*. **1982**;16(2):156-161.
185. **Mouradian WE, Wehr E, Crall JJ.** Disparities in children's oral health and access to dental care. *Jama*. **2000**;284(20):2625-2631.
186. **Jürgensen N, Petersen P.** Promoting oral health of children through schools—Results from a WHO global survey 2012. *Community Dent Health*. **2013**;30(4):204-218.
187. **Chapman A, Copestake S, Duncan K.** An oral health education programme based on the National Curriculum. *International journal of paediatric dentistry*. **2006**;16(1):40-44.
188. **Adair P, Burnside G, Pine C.** Analysis of health behaviour change interventions for preventing dental caries delivered in primary schools. *Caries research*. **2013**;47(Suppl. 1):2-12.
189. **Melo P, Fine C, Malone S, Taylor S.** Impact of the Brush Day & Night Programme on Well-Being, Plaque, and Dental Caries in Children. *International Dental Journal*. **2021**.
190. **Valkenburg C, Else Slot D, Van der Weijden G.** What is the effect of active ingredients in dentifrice on inhibiting the regrowth of overnight plaque? A systematic review. *International journal of dental hygiene*. **2020**;18(2):128-141.
191. **Park J-W, An J-S, Lim WH, Lim B-S, Ahn S-J.** Microbial changes in biofilms on composite resins with different surface roughness: An in vitro study with a multispecies biofilm model. *The Journal of prosthetic dentistry*. **2019**;122(5):493. e491-493. e498.
192. **Obein G, Knoblauch K, Viéot F.** Difference scaling of gloss: Nonlinearity, binocularity, and constancy. *Journal of vision*. **2004**;4(9):4-4.
193. **Hunter M, Addy M, Pickles M, Joiner A.** The role of toothpastes and toothbrushes in the aetiology of tooth wear. *International dental journal*. **2002**;52:399-405.
194. **Dawson P, Walsh J, Morrison T.** Dental stain prevention by abrasive toothpastes: A new in. *J Cosmet Sci*. **1998**;49:275-283.
195. **Standardization IOF.** *Dentistry-Toothpastes: Requirements, Test Methods and Marking*. International Organization for Standardization; **1995**.
196. **Joiner A, Pickles MJ, Tanner C, Weader E, Doyle P.** An in situ model to study the toothpaste abrasion of enamel. *Journal of clinical periodontology*. **2004**;31(6):434-438.

197. **Barbakow F, Imfeld T, Lutz F, Stookey G, Schemehorn B.** Dentin abrasion (RDA), enamel abrasion (REA) and polishing scores of dentifrices sold in Switzerland. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin= Revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie= Rivista mensile svizzera di odontologia e stomatologia.* **1989**;99(4):408-413.
198. **Johannsen G, Tellefsen G, Johannsen A, Liljeborg A.** The importance of measuring toothpaste abrasivity in both a quantitative and qualitative way. *Acta Odontologica Scandinavica.* **2013**;71(3-4):508-517.
199. **Wiegand A, Schlueter N.** The role of oral hygiene: does toothbrushing harm? *Erosive Tooth Wear.* **2014**;25:215-219.
200. **Joiner A.** Tooth colour: a review of the literature. *Journal of dentistry.* **2004**;32:3-12.
201. **Joiner A, Hopkinson I, Deng Y, Westland S.** A review of tooth colour and whiteness. *Journal of dentistry.* **2008**;36:2-7.
202. **Addy M.** Tooth brushing, tooth wear and dentine hypersensitivity—are they associated? *International dental journal.* **2005**;55:261-267.
203. **González-Cabezas C, Hara AT, Hefferren J, Lippert F.** Abrasivity testing of dentifrices—challenges and current state of the art. *Toothpastes.* **2013**;23:100-107.
204. **Harte D, Manly R.** Four variables affecting magnitude of dentrifice abrasiveness. *Journal of Dental research.* **1976**;55(3):322-327.
205. **Parry J, Harrington E, Rees GD, McNab R, Smith AJ.** Control of brushing variables for the in vitro assessment of toothpaste abrasivity using a novel laboratory model. *Journal of dentistry.* **2008**;36(2):117-124.
206. **Joiner A.** Review of the extrinsic stain removal and enamel/dentine abrasion by a calcium carbonate and perlite containing whitening toothpaste. *International dental journal.* **2006**;56(4):175-180.
207. **Addy M, Goodfield S, Harrison A.** The use of acrylic to compare the abrasivitiand stain removal properties of toothpastes. *Clinical Materials.* **1991**;7(3):219-225.
208. **Opeodu O, Gbadebo S.** Factors influencing choice of oral hygiene products by dental patients in a Nigerian Teaching Hospital. *Annals of Ibadan postgraduate medicine.* **2017**;15(1):51-56.
209. **Suprabha BS, D'Souza V, Shenoy R, Karuna YM, Nayak AP, Rao A.** Early childhood caries and parents' challenges in implementing oral hygiene practices: a qualitative study. *International Journal of Paediatric Dentistry.* **2021**;31(1):106-114.
210. **Chimello DT, Dibb RGP, Corona SAM, Lara E.** Assessing wear and surface roughness of different composite resins after toothbrushing. *Materials Research.* **2001**;4(4):285-289.
211. **Abdelmegid F.** Effect of anti erosion toothpastes on surface roughness of different restorative materials. *Dentistry: Advanced Research.* **2016**.
212. **Barbieri GM, Mota EG, RODRIGUES-JUNIOR SA, Burnett Jr LH.** Effect of whitening dentifrices on the surface roughness of commercial composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.* **2011**;23(5):338-345.
213. **Heintze SD, Forjanic M.** Surface roughness of different dental materials before and after simulated toothbrushing in vitro. *Operative Dentistry.* **2005**;30(5):617-626.

214. **Monteiro B, Spohr AM.** Surface roughness of composite resins after simulated toothbrushing with different dentifrices. *Journal of international oral health: JIOH.* **2015**;7(7):1.
215. **Mookhtiar H, Hegde V.** COMPARATIVE EVALUATION OF SURFACE ROUGHNESS OF TEETH AFTER APPLICATION OF REMINERALIZING TOOTHPASTES-AN IN VITRO STUDY. *Guident.* **2019**;13(1).
216. **Augusto MG, Borges AB, Pucci CR, Mailart MC, Torres CRG.** Effect of whitening toothpastes on wear and roughness of ormocer and methacrylate-based composites. *American journal of dentistry.* **2018**;31(6):303-308.
217. **Vural UK, Bagdatli Z, Yilmaz AE, Çakır FY, Altundaşar E, Gurgan S.** Effects of charcoal-based whitening toothpastes on human enamel in terms of color, surface roughness, and microhardness: an in vitro study. *Clinical Oral Investigations.* **2021**:1-9.
218. **Da Rosa GM, Da Silva LM, De Menezes M, Do Vale HF, Regalado DF, Pontes DG.** Effect of whitening dentifrices on the surface roughness of a nanohybrid composite resin. *European journal of dentistry.* **2016**;10(2):170.
219. **Lai G, Zhao L, Wang J, Kunzelmann K-H.** Surface properties and color stability of dental flowable composites influenced by simulated toothbrushing. *Dental materials journal.* **2018**:2017-2233.
220. **Bizhang M, Schmidt I, Chun Y-HP, Arnold WH, Zimmer S.** Toothbrush abrasivity in a long-term simulation on human dentin depends on brushing mode and bristle arrangement. *PloS one.* **2017**;12(2):e0172060.
221. **Hara AT, Turssi CP.** Baking soda as an abrasive in toothpastes: Mechanism of action and safety and effectiveness considerations. *The Journal of the American Dental Association.* **2017**;148(11):S27-S33.
222. **Suzuki T, Kyoizumi H, Araki Y, Finger WJ, Kanehira M.** Toothbrush abrasion of resin composites with different filler concepts. *World J Dent.* **2012**;3(2):184-193.
223. **Parry J, Smith AJ, Sufi F, Rees GD.** Effect of simulator design on in vitro profilometric assessment of toothpaste abrasivity. *Wear.* **2012**;278:34-40.
224. **Ganss C, Schlueter N, Preiss S, Klimek J.** Tooth brushing habits in uninstructed adults—frequency, technique, duration and force. *Clinical oral investigations.* **2009**;13(2):203-208.
225. **Tosaka Y, Nakakura-Ohshima K, Murakami N, et al.** Analysis of tooth brushing cycles. *Clinical oral investigations.* **2014**;18(8):2045-2053.
226. **Ganss C, Duran R, Winterfeld T, Schlueter N.** Tooth brushing motion patterns with manual and powered toothbrushes—a randomised video observation study. *Clinical oral investigations.* **2018**;22(2):715-720.
227. **Al Khuraif AAA.** An in vitro evaluation of wear and surface roughness of particulate filler composite resin after tooth brushing. *Acta Odontologica Scandinavica.* **2014**;72(8):977-983.
228. **Teixeira EC, Thompson JL, Piascik JR, Thompson JY.** In vitro toothbrush-dentifrice abrasion of two restorative composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.* **2005**;17(3):172-181.
229. **Buchalla W, Attin T, Hellwig E.** Brushing abrasion of luting cements under neutral and acidic conditions. *Operative dentistry.* **2000**;25(6):482-487.

230. **Wang L, Garcia FC, Amarante de Araujo P, Franco EB, Mondelli RF.** Wear resistance of packable resin composites after simulated toothbrushing test. *J Esthet Restor Dent.* **2004**;16(5):303-314; discussion 314-305.
231. **Rosentritt M, Sawaljanow A, Behr M, Kolbeck C, Preis V.** Effect of tooth brush abrasion and thermo-mechanical loading on direct and indirect veneer restorations. *Clinical oral investigations.* **2015**;19(1):53-60.
232. **Nogués L, Martinez-Gomis J, Molina C, et al.** Dental casting alloys behaviour during power toothbrushing with toothpastes with various abrasivities. Part I: Wear behavior. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine.* **2008**;19(9):3041-3048.
233. **Lee J-H, Kim S-H, Han J-S, Yeo I-SL, Yoon H-I.** Optical and surface properties of monolithic zirconia after simulated toothbrushing. *Materials.* **2019**;12(7):1158.
234. **Black MA, Bayne SC, Peterson CA, Smith LR, Thompson JY.** Effect of power toothbrushing on simulated wear of dental cement margins. *American Dental Hygienists' Association.* **2007**;81(4):79-79.
235. **Dudás C, Forgó Z, Kerekes-Máthé B.** Surface Roughness Changes of Different Restoration Materials after Tooth Brushing Simulation Using Different Toothpastes. *Journal of Interdisciplinary Medicine.* **2017**;2(s1):21-24.
236. **Turker ŞB, Biskin T.** Effect of three bleaching agents on the surface properties of three different esthetic restorative materials. *The Journal of prosthetic dentistry.* **2003**;89(5):466-473.
237. **Gomes I-A.** Whitening toothpastes effect on nanoparticle resin composite roughness after a brushing challenge: An in vitro study. *Journal of clinical and experimental dentistry.* **2019**;11(4):e334.
238. **Atalı P, Öksüz M, Topbaşı F.** Fırçalamanın ve Beyazlatıcı Diş Macunların Kompozitlerin Yüzey Özelliklerine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.* **24**(1):22-32.
239. **Ferracane J, Mitchem J, Condon J, Todd R.** Wear and marginal breakdown of composites with various degrees of cure. *Journal of dental research.* **1997**;76(8):1508-1516.
240. **Knežević A, Tarle Z, Meniga A, Šutalo J, Pichler G, Ristić M.** Degree of conversion and temperature rise during polymerization of composite resin samples with blue diodes. *Journal of Oral Rehabilitation.* **2001**;28(6):586-591.
241. **Leonard DL, Charlton DG, Roberts HW, Cohen ME.** Polymerization efficiency of LED curing lights. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.* **2002**;14(5):286-295.
242. **Blankenau R, Kelsey W, Powell G, Shearer G, Barkmeier W, Cavel W.** Degree of composite resin polymerization with visible light and argon laser. *American journal of Dentistry.* **1991**;4(1):40-42.
243. **Mills R, Jandt K, Ashworth S.** Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *British dental journal.* **1999**;186(8):388-391.
244. **Hofmann N, Hugo B, Klaiber B.** Effect of irradiation type (LED or QTH) on photo-activated composite shrinkage strain kinetics, temperature rise, and hardness. *European journal of oral sciences.* **2002**;110(6):471-479.
245. **Yap A, Tan W, Yeo J, Yap W, Ong S.** Surface texture of resin-modified glass ionomer cements: effects of finishing/polishing systems. *Operative dentistry.* **2002**;27(4):381-386.

246. **Türkün L, Türkün M.** The effect of one-step polishing system on the surface roughness of three esthetic resin composite materials. *Operative Dentistry*. **2004**;29(2):203-211.
247. **Jung M, Voit S, Klimek J.** Surface geometry of three packable and one hybrid composite after finishing. *Operative dentistry*. **2003**;28(1):53-59.
248. **Uctasli M, Arisu HD, Omurlu H, Eliguzeloglu E, Ozcan S, Ergun G.** The effect of different finishing and polishing systems on the surface roughness of different composite restorative materials. *J Contemp Dent Pract*. **2007**;8(2):89-96.
249. **Yap A, Yap S, Teo C, Ng J.** Comparison of surface finish of new aesthetic restorative materials. *Operative dentistry*. **2004**;29(1):100-104.
250. **Antonson SA, Yazici AR, Kilinc E, Antonson DE, Hardigan PC.** Comparison of different finishing/polishing systems on surface roughness and gloss of resin composites. *Journal of Dentistry*. **2011**;39:e9-e17.
251. **Park J, Song C, Jung J, Ahn S, Ferracane J.** The effects of surface roughness of composite resin on biofilm formation of *Streptococcus mutans* in the presence of saliva. *Operative Dentistry*. **2012**;37(5):532-539.
252. **Janus J, Fauxpoint G, Arntz Y, Pelletier H, Etienne O.** Surface roughness and morphology of three nanocomposites after two different polishing treatments by a multitechnique approach. *Dental Materials*. **2010**;26(5):416-425.
253. **Özgünaltay G, Yazici A, Görücü J.** Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of new tooth-coloured restoratives. *Journal of oral rehabilitation*. **2003**;30(2):218-224.
254. **Yap A, Lye K, Sau C.** Surface characteristics of tooth-colored restoratives polished utilizing different polishing systems. *Operative dentistry*. **1997**;22:260-265.
255. **Scheibe KGBA, Almeida KGB, Medeiros IS, Costa JF, Alves CMC.** Effect of different polishing systems on the surface roughness of microhybrid composites. *Journal of Applied Oral Science*. **2009**;17(1):21-26.
256. **Anfe TEdA, Caneppele TME, Agra CM, Vieira GF.** Microhardness assessment of different commercial brands of resin composites with different degrees of translucence. *Brazilian oral research*. **2008**;22(4):358-363.
257. **Üçtaşlı M, Bala O, Güllü A.** Surface roughness of flowable and packable composite resin materials after finishing with abrasive discs. *Journal of Oral Rehabilitation*. **2004**;31(12):1197-1202.
258. **Park SH, Krejci I, Lutz F.** Microhardness of resin composites polymerized by plasma arc or conventional visible light curing. *Operative dentistry*. **2002**;27(1):30-37.
259. **Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, dos Santos Dias CT.** The effect of six polishing systems on the surface roughness of two packable resin-based composites. *American journal of dentistry*. **2002**;15(3):193-197.
260. **Yap A, Mok B.** Surface finish of a new hybrid aesthetic restorative material. *Operative Dentistry*. **2002**;27(2):161-166.
261. **Koh R, Neiva G, Dennison J, Yaman P.** Finishing systems on the final surface roughness of composites. *J Contemp Dent Pract*. **2008**;9(2):138-145.
262. **Van Dijken JW, Ruyter IE.** Surface characteristics of posterior composites after polishing and toothbrushing. *Acta Odontologica Scandinavica*. **1987**;45(5):337-346.

263. **Bouvier D, DUPREZ JP, Lissac M.** Comparative evaluation of polishing systems on the surface of three aesthetic materials. *Journal of oral rehabilitation*. **1997**;24(12):888-894.
264. **Bozkurt M, ATICI D, Levent Ö.** Farklı bitirme/polisaj sistemlerinin poliasit-modifiye kompozit rezinin (kompomer) yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*.29(3):157-164.
265. **Gönülol N, Yılmaz F.** The effects of finishing and polishing techniques on surface roughness and color stability of nanocomposites. *Journal of dentistry*. **2012**;40:e64-e70.
266. **Endo T, Finger WJ, Kanehira M, Utterodt A, Komatsu M.** Surface texture and roughness of polished nanofill and nanohybrid resin composites. *Dental materials journal*. **2010**;29(2):213-223.
267. **Gömeç Y, Dörter C, Yıldız E, Efes BG.** Diş Rengindeki Restoratif Materyallerin Diş Fırçalama İşlemi Sonrasında Yüzey Özellikleri-Surface Characteristics of Tooth-Colored Restoratives After Toothbrushing. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*.33(1234):37-44.
268. **Addy M, Hughes J, Pickles M, Joiner A, Huntington E.** Development of a method in situ to study toothpaste abrasion of dentine: comparison of 2 products. *Journal of clinical periodontology*. **2002**;29(10):896-900.
269. **Abdelmegid F, Salama F, Albagami S, Al-Zayle K, Almutlaq M.** Effect of Anti-Erosion Toothpastes on Surface Roughness of Different Restorative Materials. *International Journal Of Medical Science And Clinical Invention*. **2016**;4.
270. **Hefferren JJ.** A laboratory method for assessment of dentifrice abrasivity. *Journal of dental research*. **1976**;55(4):563-573.
271. **Redmalm G, Ryden H.** Dentifrice abrasivity. The use of laser beams for comparative studies in vitro of surface changes. *Swedish dental journal*. **1979**;3(3):91-100.
272. **Kanter J, Koski RE, Martin D.** The relationship of weight loss to surface roughness of composite resins from simulated toothbrushing. *The Journal of prosthetic dentistry*. **1982**;47(5):505-513.
273. **Mondelli R, Wang L, Garcia F, et al.** Evaluation of weight loss and surface roughness of compomers after simulated toothbrushing abrasion test. *Journal of applied oral science : revista FOB*. **2005**;13 2:131-135.
274. **Wennerberg A, Albrektsson T.** Suggested guidelines for the topographic evaluation of implant surfaces. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. **2000**;15(3).
275. **Yazici AR, Müftü A, Kugel G.** Three-dimensional surface profile analysis of different types of flowable restorative resins following different finishing protocols. *J Contemp Dent Pract*. **2007**;8(5):1-11.
276. **Joniot S, Gregoire G, Auther A, Roques Y.** Three-dimensional optical profilometry analysis of surface states obtained after finishing sequences for three composite resins. *Operative dentistry*. **2000**;25(4):311-315.
277. **Wagner M, Isaacson A, Michaud M, Bell M.** A Comparison of Surface Roughness Measurement Methods for Gear Tooth Working Surfaces. *19FTM21, October*. **2019**.
278. **Leach R.** Optical measurement of surface topography. **2011**.
279. **Lancashire H.** A simulated comparison between profile and areal surface parameters: Ra as an estimate of Sa. *arXiv: Geophysics*. **2017**.

280. **Yap AU, Tan CH, Chung SM.** Wear behavior of new composite restoratives. *Oper Dent.* **2004**;29(3):269-274.
281. **McCabe J, Molyvda S, Rolland S, Rusby S, Carrick T.** Two-and three-body wear of dental restorative materials. *International Dental Journal.* **2002**;52:406-416.
282. **da Cas NV, Ruat GR, Bueno RP, Pachaly R, Pozzobon RT.** Effect of whitening toothpaste on superficial roughness of composite resin. *Gen Dent.* **2013**;61(4):e8-11.
283. **Senawongse P, Pongprueksa P.** Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.* **2007**;19(5):265-273.
284. **Takahashi R, Jin J, Nikaido T, Tagami J, Hickel R, Kunzelmann K-H.** Surface characterization of current composites after toothbrush abrasion. *Dental materials journal.* **2013**;32(1):75-82.
285. **Roselino LdMR, Cruvinel DR, Chinelatti MA, Pires-de FdCP.** Effect of brushing and accelerated ageing on color stability and surface roughness of composites. *Journal of dentistry.* **2013**;41:e54-e61.
286. **Chimello DT, Dibb RGP, Corona SAM, Lara EHG.** Assessing wear and surface roughness of different composite resins after toothbrushing. *Materials Research.* **2001**;4:285-289.
287. **Arat EM, Özmen B, Altun C.** Çocuk Diş Macunlarının Süt Dişi Mine Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisinin İn Vitro Olarak Değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.* **2016**26(1).
288. **Yilmaz N, Avcı G, Ozkaya S, Tüzüner T, Baygin O.** Comparison of the abrasive effects of children's toothpaste on glass ionomer cement. *Pediatric Dental Journal.* **2021**.
289. **Moraes RRd, Ribeiro DdS, Klumb MM, Brandt WC, Correr-Sobrinho L, Bueno M.** In vitro toothbrushing abrasion of dental resin composites: packable, microhybrid, nanohybrid and microfilled materials. *Brazilian oral research.* **2008**;22(2):112-118.
290. **Hu X, Marquis P, Shortall A.** Influence of filler loading on the two-body wear of a dental composite. *Journal of oral rehabilitation.* **2003**;30(7):729-737.
291. **Hamza B, Tanner M, Attin T, Wegehaupt FJ.** Dentin abrasivity and cleaning efficacy of novel/alternative toothpastes. *Oral Health & Preventive Dentistry.* **2020**;18(1):713-718.
292. **Camargo IM, Saiki M, Vasconcellos MB, Avila DM.** Abrasiveness evaluation of silica and calcium carbonate used in the production of dentifrices. *J Cosmet Sci.* **2001**;52(3):163-167.
293. **Sosada M, Bielowski P.** Alkylpolybetaines. *Tenside, surfactants, detergents.* **1990**;27(3):194-196.
294. **Sarı ME, Koyutürk AE, Çankaya S.** Günlük tüketilen yiyecek ve içeceklerin mine ve dolgu materyallerinin yüzey sertliği ve pürüzlülüğüne etkisi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.* **2010**;20(3):153-161.
295. **Silva RCd, Zuanon ACC.** Surface roughness of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment (ART). *Brazilian dental journal.* **2006**;17(2):106-109.
296. **Jaarda MJ, Wang R-F, Lang BR.** A regression analysis of filler particle content to predict composite wear. *The Journal of prosthetic dentistry.* **1997**;77(1):57-67.
297. **Tanoue N, Matsumura H, Atsuta M, of Dentistry NUS.** Wear and surface roughness of current prosthetic composites after toothbrush/dentifrice abrasion. *The Journal of prosthetic dentistry.* **2000**;84(1):93-97.

298. **Minami H, Hori S, Kurashige H, et al.** Effects of thermal cycling on surface texture of restorative composite materials. *Dental materials journal*. **2007**;26(3):316-322.
299. **Rabinowicz E, Tanner R.** Friction and wear of materials. *Journal of Applied Mechanics*. **1966**;33(2):479.
300. **Harrison A, Draughn RA.** Abrasive wear, tensile strength, and hardness of dental composite resins—is there a relationship? *The Journal of prosthetic dentistry*. **1976**;36(4):395-398.
301. **Willems G, Lambrechts P, Braem M, Vuylsteke-Wauters M, Vanherle G.** The surface roughness of enamel-to-enamel contact areas compared with the intrinsic roughness of dental resin composites. *Journal of dental research*. **1991**;70(9):1299-1305.
302. **Chapman RJ, Nathanson D.** Excessive wear of natural tooth structure by opposing composite restorations. *Journal of the American Dental Association (1939)*. **1983**;106(1):51-53.
303. **Yip KH-K, Smales RJ, Kaidonis JA.** Differential wear of teeth and restorative materials: Clinical implications. *International Journal of Prosthodontics*. **2004**;17(3).
304. **Correr GM, Alonso RCB, Sobrinho LC, Puppim-Rontani RM, Ferracane JL.** In vitro wear of resin-based materials—Simultaneous corrosive and abrasive wear. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*. **2006**;78(1):105-114.
305. **Lazaridou D, Belli R, Krämer N, Petschelt A, Lohbauer U.** Dental materials for primary dentition: are they suitable for occlusal restorations? A two-body wear study. *European Archives of Paediatric Dentistry*. **2015**;16(2):165-172.
306. **Hse KMY, Wei SHY.** CLINICAL EVALUATION OF COMPOMER IN PRIMARY TEETH: 1-YEAR RESULTS. *The Journal of the American Dental Association*. **1997**;128(8):1088-1096.
307. **Peutzfeldt A, Garcia-Godoy F, Asmussen E.** Surface hardness and wear of glass ionomers and compomers. *American journal of dentistry*. **1997**;10(1):15-17.
308. **Xie D, Brantley W, Culbertson B, Wang G.** Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. *Dental Materials*. **2000**;16(2):129-138.
309. **Turssi C, Hara A, Serra M, Rodrigues Jr A.** Effect of storage media upon the surface micromorphology of resin-based restorative materials. *Journal of Oral Rehabilitation*. **2002**;29(9):864-871.
310. **Latta MA, Barkmeier WW, Wilwerding TM, Blake SM.** Localized wear of compomer restorative materials. *American journal of dentistry*. **2001**;14(4):238-240.
311. **Van Noort R, Barbour M.** *Introduction to Dental Materials-E-Book*. Elsevier Health Sciences; **2014**.
312. **van Dijken JW.** 3-year clinical evaluation of a compomer, a resin-modified glass ionomer and a resin composite in Class III restorations. *Am J Dent*. **1996**;9(5):195-198.
313. **El-Kalla I, Garcia-Godoy F.** Mechanical properties of compomer restorative materials. *Operative Dentistry*. **1999**;24:2-8.
314. **Nainar SH.** Compomers may be an Alternative Material for Class II Restorations in the Primary Dentition. *Journal of Evidence Based Dental Practice*. **2011**;11(1):29-30.

315. **Soncini JA, Maserejian NN, Trachtenberg F, Tavares M, Hayes C.** The longevity of amalgam versus compomer/composite restorations in posterior primary and permanent teeth: findings From the New England Children's Amalgam Trial. *J Am Dent Assoc.* **2007**;138(6):763-772.

