

T.C.
AFYONKARAHİSAR SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ PEDODONTİ ANA BİLİM DALI

ÜÇ FARKLI PEDIATRİK KRONUN FARKLI AŞINDIRICILIĞA
SAHİP DİŞ MACUNLARIYLA FIRÇALANMASI SONRASI
YÜZEY PÜRÜZLÜLÜKLERİNİN İN-VİTRO
DEĞERLENDİRİLMESİ

Hazırlayan
AYŞENUR KULA

Danışman
Doç. Dr. BURCU GÜÇYETMEZ TOPAL

2025 – AFYONKARAHİSAR

T.C.
AFYONKARAHİSAR SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ PEDODONTİ ANA BİLİM DALI

**ÜÇ FARKLI PEDİATRİK KRONUN FARKLI AŞINDIRICILIĞA
SAHİP DİŞ MACUNLARIYLA FIRÇALANMASI SONRASI
YÜZEY PÜRÜZLÜLÜKLERİNİN İN-VİTRO
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hazırlayan
Ayşenur KULA
DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

Danışman
Doç. Dr. BURCU GÜÇYETMEZ TOPAL

**Bu çalışma Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Bilimsel Araştırma
Projeleri Birimi tarafından 24.DUS.008 proje numarası ile desteklenmiştir.**

2025-AFYONKARAHİSAR

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK SAYFASI

Çalışmamızın etik kurul onayı Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Müdahale Olmayan Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı'ndan alınmıştır (04.10.2024 tarihli 2024/8 sayılı karar). (EK-1)



TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince ve tezimin hazırlanması aşamasında, akademik bilgisi, klinik tecrübesi ile yoluma ışık tutan; her zaman destekleyici, sabırlı, yapıcı, güler yüzlü ve neşeli yaklaşımıyla yanımda olan; emeğini ve desteğini daima hissettiğim değerli tez danışman hocam Doç. Dr. Burcu GÜÇYETMEZ TOPAL'a,

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini benimle her daim paylaşan, yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Doç Dr. Özgür DOĞAN, Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ÜNAL, Dr. Öğr. Üyesi İsmail Haktan ÇELİK, Dr. Öğr. Üyesi Hatice TÜRKOĞLU'na ve Dr. Öğr. Üyesi Ayça Hande SARI'ya,

Uzmanlık tezimin laboratuvar analiz sürecini gerçekleştiren, bu süreçte teknik alanda bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım değerli hocam Dr. Serhat TIKIZ'a,

Lisans eğitimimden bu yana desteklerini hep arkamda hissettiğim, çocuk dış hekimliğini sevdirek, bu alanı seçmemde başından beri katkısı olan, rol model aldığım ve çok sevdiğim değerli hocam Prof. Dr. Betül MEMİŞ ÖZGÜL'e,

Uzmanlık eğitimimle kendime kattığım, bu süreci birlikte göğüslediğimiz, her zaman içtenlikle yanımda olduklarını bildiğim ve desteklerini hep hissettiğim çok kıymetli dostlarım Dt. Büşra YILDIZ ve Dt. Gözde ÜLKER'e,

Uzmanlık eğitimim boyunca birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum, tüm asistan arkadaşlarıma ve yardımcı sağlık personeline,

Tüm hayatım boyunca her anlamda hiçbir fedakarlıktan çekinmeden, sevgileri, sabırları ve sonsuz destekleriyle daima arkamda olduklarını bildiğim, beni bugünlere kadar getiren başta canım annem Mukadder KULA, canım babam Fatih KULA ve biricik kardeşim Hakkı Can KULA'ya,

Hayatımın her anında yanımda olup bana güç veren, bana olan sonsuz sevgisini, sabrını ve desteğini her zaman hissettiğim, varlığıyla hayatımı güzelleştiren hayat arkadaşım Burak ETLİ'ye,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım..

ÜÇ FARKLI PEDIATRİK KRONUN FARKLI AŞINDIRICILIĞA SAHİP DİŞ MACUNLARIYLA FIRÇALANMASI SONRASI YÜZEY PÜRÜZLÜLÜKLERİNİN İN-VİTRO DEĞERLENDİRİLMESİ

Ayşenur KULA

Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Pedodonti Anabilim Dalı Diş Hekimliğinde Uzmanlık Tezi

2025

Danışman: Doç. Dr. Burcu GÜÇYETMEZ TOPAL

ÖZET

Amaç: Çalışmamızın amacı, üç farklı pediatik kronun farklı aşındırıcılık değerlerine sahip çocuk diş macunları ve distile su ile uzun dönem klinik fırçalama etkilerini simüle eden döngülerle, fırçalama simülatöründe fırçalanması sonrası; yüksek çözünürlüğü sahip cihazlarla yüzey pürüzlülüğü değerlerinin in vitro olarak değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmada paslanmaz çelik kron (NuSmile®, ABD), pediatik zirkon kron (NuSmile®, ABD) ve üç boyutlu baskıyla üretilmiş pediatik rezin kron (Senertek P CrownV4, Türkiye) olmak üzere üç farklı kron çeşidi kullanılmıştır. Toplam 60 aynı boyuttaki kron örneği, üç ana gruba (n=20) ve her biri dört alt gruba (n=5) ayrılmıştır. Alt gruplarda yüksek (RDA=103), orta (RDA=80) ve düşük (RDA=35) aşındırıcılığa sahip çocuk diş macunları ile bir kontrol grubunda distile su kullanılmıştır. Fırçalama simülasyonu, her örneğin yumuşak sertlikteki fırça ile 200 grF sabit basınç altında ve 10.000, 30.000, 50.000 döngüde, fırçalama simülatöründe gerçekleştirilmiştir. Tüm örneklerinin sayısal yüzey pürüzlülük değerleri (Ra) ve yüzey topografik haritalandırması, başlangıç ve tüm fırçalama döngüleri sonrasında atomik kuvvet mikroskobu (AFM, Park XE-100E, Parksystem, Kore) ile ölçüldü. Yüzeylerin başlangıç ve sonuç morfolojik değerlendirmesi için ise taramalı elektron mikroskobu (LEO 1430 VP, Almanya) kullanıldı. Veriler, üç yönlü Robust ANOVA testiyle analiz edildi ve anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak kabul edildi.

Bulgular: Robust ANOVA sonuçlarına göre; kron türü ($Q=5022,32$; $p<0,001$), diş macunu tipi ($Q=253,24$; $p<0,001$) ve fırçalama döngü sayısı ($Q=1586,01$; $p=0,001$) yüzey pürüzlülüğü üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki göstermiştir. Ayrıca bu değişkenler arasındaki ikili ve üçlü etkileşimler de anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$). Toplamda ortalama Ra değerleri PRK grubunda 152,5, PÇK grubunda 51,7 ve PZK grubunda 36,6 olarak ölçülmüştür. Diş macunu gruplarına göre ise en yüksek ortalama değeri 87 ile AF grubunda, en düşük ortalama Ra değeri 69,7 ile kontrol grubunda elde edilmiştir. En yüksek Ra değeri, PRK grubunda AF diş macunu ile 50.000 döngü fırçalanması sonrası 222,1 olarak kaydedilmiştir. Bu bulgular, yüzey pürüzlülüğünün hem materyal hem de fırçalama koşullarına bağlı olarak değiştiğini göstermektedir.

Sonuç: Çalışmanın sonucunda, tüm kron gruplarında artan fırçalama döngü sayısı ve diş macunu aşındırıcılığı ile yüzey pürüzlülüğü değerlerinde artış gözlenmiş, bu artış en az PZK grubunda olmuştur. Estetik ve mekanik açıdan daha dayanıklı görülen PZK'ların uzun dönem kullanım için tercih edilebileceği, 3 yılı aşan kullanımlarda ise kronların polisajlanması veya değiştirilmesinin uygun olacağı tavsiye edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Atomik kuvvet mikroskobu, Fırçalama simülatörü, Pediatik rezin kronlar, Rölatif dentin aşındırıcılığı, Yüzey pürüzlülüğü

IN-VITRO EVALUATION OF SURFACE ROUGHNESS OF THREE DIFFERENT PEDIATRIC CROWNS FOLLOWING BRUSHING WITH TOOTHPASTES OF VARYING ABRASIVENESS

Ayşenur KULA

Afyonkarahisar Health Sciences University

Faculty of Dentistry Department of Pediatric Dentistry Specialization Thesis

2025

Supervisor: Assoc. Prof. Burcu GÜÇYETMEZ TOPAL

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to evaluate, in vitro, the surface roughness of three different pediatric crowns after simulated long-term clinical toothbrushing using a brushing simulator with children's toothpastes of varying abrasivity and distilled water, by means of high-resolution surface analysis techniques.

Materials and Methods: In this study, three different types of pediatric crowns were used: stainless steel crowns (NuSmile®, USA), pediatric zirconia crowns (NuSmile®, USA), and 3D-printed pediatric resin crowns (Senertek P CrownV4, Turkey). A total of 60 crowns of identical size were divided into three main groups (n=20), each subdivided into four subgroups (n=5). Subgroups were brushed with children's toothpastes of high (RDA=103), medium (RDA=80), and low (RDA=35) abrasivity, while the control group was brushed with distilled water. Toothbrushing simulation was performed using a brushing simulator under a constant force of 200 gF with soft-bristled brushes at 10,000, 30,000, and 50,000 cycles. Surface roughness values (Ra) and topographical surface maps of all specimens were measured at baseline and after each brushing interval using atomic force microscopy (AFM, Park XE-100E, Park Systems, Korea). Morphological surface evaluations before and after brushing were conducted using scanning electron microscopy (SEM, LEO 1430 VP, Germany). Data were analyzed using a three-way robust ANOVA, with a significance level set at $p<0.05$.

Findings: According to the robust ANOVA results, crown type ($Q=5022.32$; $p<0.001$), toothpaste type ($Q=253.24$; $p<0.001$), and brushing cycle count ($Q=1586.01$; $p=0.001$) had statistically significant effects on surface roughness. In addition, all two-way and three-way interactions between these variables were also found to be significant ($p<0.001$). The mean Ra values were measured as 152.5 μm for the PRK group, 51.7 μm for the SSC group, and 36.6 μm for the PZC group. Among the toothpaste groups, the highest mean Ra value was observed in the AF group (87 μm), while the lowest was in the control group brushed with distilled water (69.7 μm). The highest surface roughness value (222.1 μm) was recorded in the PRK group brushed with AF toothpaste after 50,000 cycles. These findings indicate that surface roughness varies significantly depending on both the material type and brushing conditions.

Conclusion: As a result of the study, an increase in surface roughness was observed in all crown groups with increasing brushing cycles and toothpaste abrasivity, with the least change noted in the PZC group. Given their superior esthetic and mechanical properties, PZC crowns may be recommended for long-term clinical use. However, for crowns used beyond three years, polishing or replacement may be advisable.

Keywords: Atomic force microscopy, Brushing simulator, Pediatric resin crowns, Relative Dentin Abrasivity Surface roughness

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
PÇK	Paslanmaz Çelik Kron
PZK	Pediyatrik Zirkon Kron
PRK	Pediyatrik Rezin Kron
RDA	Rölatif Dentin Aşındırıcılığı
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
AFM	Atomik Kuvvet Mikroskobu
Ra	Ortalama Pürüzlülük Değeri
PMC	Preform Kron
3D	Üç Boyutlu
CAD/CAM	Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim
Zr	Zirkonyum
ZrSiO ₄	Zirkonyum Silikat
ZrO ₂	Zirkonyum Oksit
™	Tescilli
Y-TZP	Yttriyum ile Stabilize Edilmiş Tetragonal Zirkonya
S.mutans	Streptococcus Mutans
P.gingivalis	Porphyromonas Gingivalis
SiO ₂ .nH ₂ O	Hidrat Silika
CaCO ₃	Kalsiyum Karbonat
(CaHPO ₄).2H ₂ O	Di-kalsiyum Fosfat Dihidrat
Ca ₂ P ₂ O ₇	Kalsiyum Pirofosfat
Al ₂ O ₃	Alüminyum oksit

NaHCO ₃	Sodyum Bikarbonat
SLS	Sodyum Lauril Sülfat
TiO ₂	Titanyum Dioksit
REA	Rölatif Mine Aşındırıcılığı
ADA	Amerikan Diş Hekimleri Birliği
gr	Gram
ml	Mililitre
EÇÇ	Erken Çocukluk Çağı Çürüğü
EAPD	Avrupa Pediatrik Diş Hekimliği Akademisi
CPP-ACP	Kazein Fosfopeptid-Amorf Kalsiyum Fosfat
Ppm	Flor Konsantrasyonu
CTB	Tek Kullanımlık Çiğnenebilir Diş Fırçası
N	Newton
µm	Mikrometre
Rq	Ortalama Kare Pürüzlülük Değeri
Rz	On Nokta Pürüzlülük Değeri
Rp	Tepe Yüksekliği
Rz	On Nokta Pürüzlülük Değeri
Rmax	Maksimum Pürüzlülük Değeri
Rpm	Ortalama Tepe Yüksekliği
EDX	Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi
TUAM	Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
ELL4	Sol Alt 4 Numaralı Kron
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
n	Örnek sayısı

$\geq$	Büyük Eşittir
Mpa	Mega paskal
<	Küçüktür
$\mu\text{g}/\text{mm}^3$	Mikrogram/milimetreküp
®	Tescilli
ISO	Uluslararası Standartlar Örgütü
cm	Santimetre
°C	Santigrat derece
grF	Gramkuvvet
dk	Dakika
kHz	Kilohertz
N/m	Newton/metre
sn	Saniye
nm	Nanometre
kVA	Kilo-volt-amper
mm	Milimetre
x	Büyütme oranı
ANOVA	Varyans Analizi
VRS2	Değişken Getirili Ölçekler (Model 2) Analizi
$\pm$	Standart Hata
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
Ni-Cr	Nikel-Krom
Cr ₂ O ₃	Krom Oksit
Nano-CT	Nano-Bilgisayarlı Tomografi

TABLÖLER DİZİNİ

Tablo-2.1: Diş macunlarının içeriklerinde bulunan maddeler ve yüzdeleri	17
Tablo-2.2: Diş macunlarının içeriklerinde bulunan aşındırıcılar, kimyasal yapıları ve göreceli sertlik değerleri.....	18
Tablo-2.3: Yaş gruplarına göre macunlardaki florür konsantrasyonları ve günlük kullanım miktarları.....	25
Tablo-2.4: Yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmede kullanılan parametreler.....	29
Tablo-3.1: Çalışmada kullanılan çocuk diş macunlarının içerikleri, RDA değerleri ve üretici firmaları.....	33
Tablo-4.1: Kron, diş macunu ve döngü sayısına göre Ra değerlerinin karşılaştırılması	44
Tablo-4.2: Kron, diş macunu ve döngü sayısına göre Ra ortalama pürüzlülük değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri ve çoklu karşılaştırma sonuçları.....	45

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil-3.1: Çalışmada kullanılan pediatrik kronlar	32
Şekil-3.2: Çalışma grupları	34
Şekil-3.3: Çalışma akış dizaynı	35
Şekil-3.4: Akrilik blokların hazırlanması	36
Şekil-3.5: Akrilik bloğun AFM cihazına yerleşimi.....	36
Şekil-3.6: Fırçalama yönünü standardize eden işaretlemeler konulması.....	37
Şekil-3.7: Etüv	37
Şekil-3.8: Fırçalama simülatörü.....	38
Şekil-3.9: Çalışmada kullanılan diş fırçası ve fırçalama simülatöründe fırçanın örnekler üzerindeki konumu	38
Şekil-3.10: Fırçalama simülatörü parametrelerinin belirlenmesi	39
Şekil-3.11: Çalışmada kullanılan diş macunları	39
Şekil-3.12: Kron örneklerinin fırçalanması	40
Şekil-3.13: Macun artıklarından arındırılması için ultrasonik cihazda 5 dk bekletilmesi	40
Şekil-3.14: Atomik kuvvet mikroskobu.....	42
Şekil-3.15: Taramalı elektron mikroskobu	42
Şekil-3.16: Kron örneklerinin üzerinin iletken kaplanması için model kaplama cihazının kullanılması	43
Şekil-4.1: Döngü sayısı ana etkisi grafiği.....	47
Şekil-4.2: Kron-döngü sayısı etkileşimi grafiği.....	48
Şekil-4.3: Diş macunu-döngü sayısı etkileşim grafiği.....	48
Şekil-4.4: PÇK grubunun farklı diş macunu gruplarıyla 10.000 döngü fırçalanması sonucu AFM görüntüleri	50
Şekil-4.5: PÇK grubunun farklı diş macunu gruplarıyla 30.000 döngü fırçalanması sonucu AFM görüntüleri	51
Şekil-4.6: PÇK grubunun farklı diş macunu gruplarıyla 50.000 döngü fırçalanması sonucu AFM görüntüleri	52
Şekil-4.7: PRK grubunun farklı diş macunu gruplarıyla 10.000 döngü fırçalanması sonucu AFM görüntüleri	53

Şekil-4.8: PRK grubunun farklı diş macunu gruplarıyla 30.000 döngü fırçalanması sonucu AFM görüntüleri	54
Şekil-4.9: PRK grubunun farklı diş macunu gruplarıyla 50.000 döngü fırçalanması sonucu AFM görüntüleri	55
Şekil-4.10: PZK grubunun farklı diş macunu gruplarıyla 10.000 döngü fırçalanması sonucu AFM görüntüleri	56
Şekil-4.11: PZK grubunun farklı diş macunu gruplarıyla 30.000 döngü fırçalanması sonucu AFM görüntüleri	57
Şekil-4.12: PZK grubunun farklı diş macunu gruplarıyla 50.000 döngü fırçalanması sonucu AFM görüntüleri	58
Şekil-4.13: PÇK grubuna ait örneklerin başlangıç SEM görüntüleri	60
Şekil-4.14: PÇK grubuna ait örneklerin AF grubu diş macunuyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri	60
Şekil-4.15: PÇK grubuna ait örneklerin KK grubu diş macunuyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri	60
Şekil-4.16: PÇK grubuna ait örneklerin SP grubu diş macunuyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri	61
Şekil-4.17: PÇK grubuna ait örneklerin Kontrol grubu diş macunuyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri	61
Şekil-4.18: PRK grubuna ait örneklerin başlangıç SEM görüntüleri	61
Şekil-4.19: PRK grubuna ait örneklerin AF grubu diş macunuyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri	62
Şekil-4.20: PRK grubuna ait örneklerin CK grubu diş macunuyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri	62
Şekil-4.21: PRK grubuna ait örneklerin SP grubu diş macunuyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri	62
Şekil-4.22: PRK grubuna ait örneklerin Kontrol grubu diş macunuyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri	62
Şekil-4.23: PZK grubuna ait örneklerin başlangıç SEM görüntüleri	63
Şekil-4.24: PZK grubuna ait örneklerin AF grubu diş macunuyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri	63
Şekil-4.25: PZK grubuna ait örneklerin CK grubu diş macunuyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri	63

Şekil-4.26: PZK grubuna ait örneklerin SP grubu dış macunıyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri	64
Şekil-4.27: PZK grubuna ait örneklerin Kontrol grubu dış macunuyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri	64



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
1.GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2.GENEL BİLGİLER	4
2.1. Pediatrik Kron Restorasyonların Tarihçesi.....	4
2.2. Aşırı Kron Harabiyeti Olan Süt Dişlerinde Kullanılan Tam Kron Restorasyonlar.....	5
2.3. Çocuk Diş Hekimliğinde Kullanılan Güncel Kron Restorasyonlar	6
2.3.1. Paslanmaz Çelik Kronlar.....	6
2.3.2. Açık Yüzlü Paslanmaz Çelik Kronlar	7
2.3.3. Veneerlenmiş Paslanmaz Çelik Kronlar	8
2.3.4. Polikarbonat Kronlar	8
2.3.5. Strip Kronlar.....	9
2.3.6. Pediatrik Jaket Kronlar	10
2.3.7. Üç boyutlu (3D) Baskıyla Üretilen Rezin Kronlar (CAD/CAM)	10
2.3.8. Pediatrik Zirkon Kronlar	12
2.4. Dental Plak.....	13
2.4.1. Mikrobiyal Dental Plak Kontrolü.....	14
2.4.1.1. Mekanik Plak Kontrolü	14
2.4.1.2. Kimyasal Plak Kontrolü	15
2.5. Diş Macunları	16
2.5.1. Diş Macunlarının İçeriklerinde Bulunan Maddeler	17
2.5.1.1. Aşındırıcılar (Mekanik Temizleyiciler).....	17
2.5.1.1.1. Hidrat Silika ($\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$)	18
2.5.1.1.2. Kalsiyum Karbonat (CaCO_3).....	18
2.5.1.1.3. Di-kalsiyum Fosfat Dihidrat ($(\text{CaHPO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	19
2.5.1.1.4. Kalsiyum pirofosfat ($\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$).....	19
2.5.1.1.5. Alümina (Alüminyum oksit) (Al_2O_3).....	19

2.5.1.1.6. Perlit (Doğal mineral silikat).....	19
2.5.1.1.7. Sodyum Bikarbonat (NaHCO ₃).....	19
2.5.1.2. Nemlendiriciler	20
2.5.1.3.Deterjanlar ve Sabunlar.....	20
2.5.1.4. Bağlayıcı Ajanlar.....	20
2.5.1.5. Tatlandırıcı ve Koku Verici Ajanlar.....	21
2.5.1.6. Terapötik Ajanlar.....	21
2.5.1.7. Renklendirici Ajanlar	22
2.5.1.8. Koruyucu Ajanlar	22
2.5.1.9. Su.....	23
2.5.2. Diş Macunlarının Rölatif Dentin Abrasyon Değeri (RDA) ve Rölatif Mine Abrasyon (REA) Değeri	23
2.5.3. Çocuk Diş Macunları	24
2.6. Diş Fırçası	26
2.7. Diş Fırçalama Simülatörü	27
2.8. Yüzey Pürüzlülüğü Kavramı.....	27
2.8.1. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme ve Değerlendirme Parametreleri	28
2.9. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme ve Değerlendirme Analiz Yöntemleri	29
2.9.1. Profilometreler	29
2.9.1.1. Mekanik Profilometreler	30
2.9.1.2. Optik Profilometreler	30
2.9.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDX Analizi)	30
2.9.3. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)	31
3.GEREÇ VE YÖNTEM	32
3.1. Etik Kurul Onayı.....	32
3.2. Çalışmada Kullanılan Materyaller	32
3.3. Örneklem Büyüklüğü.....	34
3.4.Çalışma Gruplarının Oluşturulması	34
3.5. Örneklerin Hazırlanması.....	35
3.6. Örneklerin Fırçalama Simülatöründe Fırçalanması	37
3.7. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümlerinin Yapılması	41
3.8. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) Analizi.....	41
3.9. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi.....	42
3.10. İstatistiksel Değerlendirme.....	43
4.BULGULAR	44
4.1. Yüzey Pürüzlülüğü Değerlerinin Sayısal Analiz Bulguları	44

4.2. AFM Analizi Yüzey Topografik Haritalandırmasına Ait Bulgular	49
4.2.1. PÇK grubuna ait AFM görüntüleri.....	50
4.2.2. PRK grubuna ait AFM görüntüleri.....	53
4.2.3. PZK grubuna ait AFM görüntüleri.....	56
4.3.1. PÇK grubuna ait SEM görüntüleri.....	60
4.3.2.PRK grubu örneklerin SEM görüntüleri	61
4.3.3. PZK grubu örneklerin SEM görüntüleri	63
5.TARTIŞMA.....	65
6.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	80
7.KAYNAKLAR.....	83
8. EKLER.....	97

ÜÇ FARKLI PEDIATRİK KRONUN FARKLI AŞINDIRICILIĞA SAHİP DİŞ MACUNLARIYLA FIRÇALANMASI SONRASI YÜZEY PÜRÜZLÜLÜKLERİNİN İN-VİTRO DEĞERLENDİRİLMESİ

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Dünyada ağız sağlığı konusunda önemli gelişmelere rağmen, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde diş çürüğü halen büyük bir sorun olmaya devam etmektedir. Bunu destekler nitelikte 2004'te yayınlanan Dünya Ağız Sağlığı Raporu'na göre, diş çürükleri çoğu gelişmiş ülkede önemli bir toplum sağlığı sorunu olmaya devam etmekte ve bu sorun okul çağındaki çocukların %60-90'ını ve yetişkinlerin büyük çoğunluğunu etkilemektedir (1).

Süt dişleri fizyolojik düşme zamanları gelene kadar birçok önemli fonksiyonu yerine getirir. Konuşma, beslenme, çene gelişimi ve estetik görünümün yanı sıra, daimi dişlerin doğru konumda sürmesine rehberlik eder ve yer tutucu görevi görür. Bu bilgiler ışığında herhangi bir sebepten dolayı erken kaybedilen süt dişi; fonasyon ve beslenme sorunlarına, okluzal bozukluklara, dil itimi gibi parafonksiyonel alışkanlıkların gelişimine, estetik ve psikolojik problemlere neden olmaktadır (2). Tüm bu sebeplerden ötürü ciddi dental harabiyeti olan süt dişlerinin restore edilmesi çocuk diş hekimliği için önemlidir (3).

Dental harabiyetin ileri düzeyde olduğu durumlarda, tam kron restorasyon kullanımı dişin yapısal bütünlüğünü koruyarak restorasyonun dayanıklılığını ve ağız içi ömrünü artırmakta, aynı zamanda fonksiyonel ve estetik açıdan tatmin edici sonuçlar sunmaktadır (4). Bu bilgiler göz önüne alınarak geliştirilen ilk tam kron restorasyon çeşidi paslanmaz çelik kronlar (PÇK), dayanıklılık açısından başarılı sonuçlar göstermesine karşın estetik yetersizlikleri nedeniyle alternatif arayışlarını gündeme getirmiştir (5). Bu ihtiyaca cevap olarak geliştirilen prefabrike pediatrik zirkon kronlar (PZK), üstün estetik özellikleri, renk stabilitesi ve yüksek aşınma dirençleri sayesinde önemli bir alternatif olarak öne çıkmıştır (6). Öte yandan bu

kronların pasif uyumlanması için diş yüzeyinde daha fazla preperasyon gerektirmesi ve tekniğe çok hassas olması gibi dezavantajları da söz konusudur.

Son yıllarda, üç boyutlu baskı teknolojilerinin diş hekimliğinde yaygınlaşmasıyla birlikte, bu yöntem çocuk diş hekimliği uygulamalarına da adapte edilmiştir. Özellikle doku kaybı fazla olan süt dişlerinin restorasyonunda üç boyutlu yöntemlerle yapılan kron restorasyonların; kısa üretim süresi, etkili, kişisel, biyouyumlu ve estetik olarak tatmin edici sonuçlarının olması gibi avantajları vardır (7).

Öte yandan, restoratif materyallerin uzun dönem dayanıklılığı üzerinde günlük ağız hijyen uygulamalarının etkisi büyüktür. Yeterli ağız sağlığına ulaşmak için en güvenilir yöntem diş macunu ve diş fırçasının günlük kullanımıdır (8). Bu iki ürünün düzenli kullanımı, dental plağın uzaklaştırılması ve mekanik kontrolünü sağlarken aynı zamanda diş dokuları ve dental restorasyonlarda yüzeysel değişimlere yol açar (9). Bu yüzey değişimleri; diş fırçalama sıklığı, kuvvet ve süresi, diş fırçasının kıllarının sertliği, diş macununun içeriğindeki aşındırıcılar, göreceli dentin aşındırıcılık değeri (RDA) ve macunun konsantrasyonu gibi çeşitli değişkenlerden etkilenir (10).

Literatürde, bazı kron restorasyonlarının yüzey özelliklerine ilişkin sınırlı sayıda *in-vivo* ve *in-vitro* çalışma bulunmakla birlikte; Paslanmaz çelik kronların (PÇK), pediatrik zirkon kronların (PZK) ve son yıllarda kullanımı artan üç boyutlu baskı ile üretilmiş pediatrik rezin kronların (PRK), farklı RDA değerlerine sahip çocuk diş macunlarıyla ve klinik uzun dönem fırçalama etkilerini simüle eden döngüler altında karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu gözlemler ışığında çalışmamızın amacı, kron restorasyon gereksinimi olan süt dişlerine uygulanan paslanmaz çelik kronlar (PÇK), pediatrik zirkon kronlar (PZK) ve üç boyutlu baskıyla üretilmiş pediatrik rezin kronları (PRK) farklı rölatif dentin aşındırıcılık değerlerine (RDA) sahip çocuk diş macunları ve distile su ile 1 yıl, 3 yıl ve 5 yıl klinik fırçalama etkilerini simüle eden döngülerle, fırçalama simülatöründe fırçalanması sonrası; yüksek çözünürlüklü analiz yöntemleri olan taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve atomik kuvvet mikroskobu (AFM) ile morfolojik ve sayısal

olarak ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerlerinin in vitro olarak değerlendirilmesidir.

Bu *in-vitro* çalışmada, paslanmaz çelik kronlar (PÇK), pediatrik zirkon kronlar (PZK) ve pediatrik rezin kronlar (PRK) arasında RDA değerleri farklı olan çocuk diş macunları ve distile su ile diş fırçalama simülatöründe uzun dönem fırçalanması sonucunda yüzey pürüzlülüğü değerleri açısından gruplar içi ve gruplar arasında bir farklılık yoktur sıfır hipotezi (H_0) test edilecektir. Çalışmanın H_1 hipotezi ise yüzey pürüzlülüğü değerleri açısından gruplar içi ve gruplar arasında bir farklılık vardır şeklinde belirlenmiştir.



2. GENEL BİLGİLER

Diş çürükleri, günümüzde her yaşta insanda görülen en yaygın bakteriyel hastalıklardan biridir (11). Özellikle çocuklarda süt dişlerinde ortaya çıkan yaygın çürük lezyonları, yalnızca ağrı, enfeksiyon ve erken süt dişi kaybı gibi lokal sorunlara neden olmanın yanında, aynı zamanda çocuğun fonasyonunu, beslenmesini, estetik algısını dolayısıyla genel sağlığını ve gelişimini de olumsuz yönde etkileyebilir (12). Tüm bu nedenlerden ötürü süt dişlerinin tedavisi önem arz etmektedir. Bu sebeple pek çok yöntem geliştirilmiştir ancak süt dişlerinin boyutlarının küçük olması, bonding işlemi için mine yüzeyinin ince ve dar olması gibi kendine özgün morfolojisinin yanında çocuğun kooperasyon problemleri ve tedavinin maliyeti bu dişlerin restorasyonlarını güçleştirmektedir (12,13). Bu nedenle aşırı kron hasarı olan süt dişlerinin tedavisinde hem estetik hem de dayanıklı olan tam kron restorasyonlar önerilmektedir (14,15).

2.1. Pediatrik Kron Restorasyonların Tarihçesi

Aşırı kron harabiyeti olan süt dişlerinin tedavisinde son yıllarda aşırı kron hasarı olan süt dişlerinin tedavisinde sıklıkla kron restorasyonlar kullanılmaktadır (16).

Rocky Mountain Company, 1947 yılında preform kronları (PMC) piyasaya tanıtmış, ardından Engel ise 1950 yılında paslanmaz çelik kronları (PÇK) tanımlamıştır. PÇK'ların piyasaya tanıtılmasının ardından William Humprey bu kronları çocuk diş hekimliğinde yaygınlaştırmıştır (17). Preform kronlarda 1950-1968 yılları arasında çeşitli modifikasyonlar meydana gelmiş olsa da 1964 yılında Chosak ve Eildeman tarafından farklı restorasyonlar desteklenmiştir (18). Polikarbonat kronlar 1970 yılında piyasaya tanıtılmış, hemen ardından 1971 yılında Mink ve Hill derin marjinal çürükler için PÇK'ları, interdental boşluklar, küçük kronlar olan dişler için PÇK modifikasyonların kullanılabileceğini savunmuşlardır (19). Carrel ve arkadaşları 1980-1990 yılları arasında veneer paslanmaz çelik kronları, 1979 yılında Webber ve arkadaşları strip kronları tanıtmıştır (20–22). Nash, 1981 yılında komşu kronların yerleştirilmesi amacıyla PÇK'ların modifikasyonlarını önermiştir (23).

Son dönemlerde ise süt dişlerinde özellikle anterior estetiği daha iyi sağlayabilmek adına prefabrike pediatrik zirkon kronlar piyasaya sürülmüştür (24). Genel olarak pediatrik kronlar, çocuk diş hekimliğinde günümüzde en ideal restorasyon seçenekleri arasında yerini alarak endikasyona göre rutin klinik pratiğinde çocuk diş hekimleri tarafından kullanılmaktadır.

2.2. Aşırı Kron Harabiyeti Olan Süt Dişlerinde Kullanılan Tam Kron Restorasyonlar

Süt dişlerinde şiddetli madde kaybına neden olan diş çürükleri, çocuklarda ağrı, dental enfeksiyon, estetik, konuşma ve beslenme sorunlarına yol açmaktadır. Tüm bunların içinde özellikle estetik ve konuşma aynı zamanda çocuklarda psikolojik problemlere de neden olarak çocukların toplum içinde özgüvenini de olumsuz etkilemektedir (25).

Tedavi edilememiş süt dişleri, estetik ve konuşma sorunlarının yanı sıra çocuklarda dil itimi gibi bir takım parafonksiyonel alışkanlık gelişmesi ve okluzal dikey boyutun değişmesine neden olmaktadır. Dental harabiyetin neden olduğu bu sorunları önlemek ve daimi dişlerin sürmesi gerçekleşene kadar süt dişlerinin görevlerini sağlayabilmesi amacıyla aşırı kron harabiyeti olan süt dişleri tam kron restorasyonlarla restore edilmelidir (26,27).

Süt dişlerinde tam kron restorasyonların endikasyonları aşağıdaki gibidir:

- Çürükten etkilenen birden çok diş yüzeyi varlığı,
- Servikal yüzeylerde derin ve geniş dekalsifiye alan varlığı,
- Vital veya devital pulpa tedavisi görmüş dişler,
- İnsizal kenar tutulumu,
- Yüksek çürük riski taşıyan ancak az sayıda çürüğü olan hastalar,
- Gelişimsel defekti olan dişler,
- Direkt restorasyonlar için gerekli izolasyon sağlanamayacak nonkoopere hastalar,
- Estetiğin direkt restorasyonlarla sağlanamayacağı anterior dişlerdir (16).

2.3. Çocuk Diş Hekimliğinde Kullanılan Güncel Kron Restorasyonlar

Yüksek çürük riskli hastalarda, endodontik tedavi sonrasında üst restorasyon olarak, gelişimsel defektli ya da aşırı kron harabiyeti olan dişleri tamamen kapladığı için kronlarla restore edilmesi en uygun tedavi şeklidir (28). Bu nedenle birçok pediatrik kron çeşidi piyasaya sürülmüştür.

Güncel pediatrik kron çeşitleri aşağıdaki gibidir:

- Paslanmaz Çelik Kronlar,
- Açık Yüzlü Paslanmaz Çelik Kronlar,
- Veneerlenmiş Paslanmaz Çelik Kronlar,
- Polikarbonat Kronlar,
- Strip Kronlar,
- Pediatrik Jaket Kronlar,
- Üç boyutlu (3D) Baskıyla Üretilen Rezin Kronlar,
- Pediatrik Zirkonyum Kronlar.

2.3.1. Paslanmaz Çelik Kronlar

İleri derecede kron harabiyeti olan süt dişlerinde direkt restoratif materyallerin kullanılması her zaman için iyi bir tercih değildir. Bu nedenle paslanmaz çelik kronlar, 1950’li yıllarda Dr. Humphrey tarafından ilk kez kullanılmaya başlanmış ve böylece çocuklarda dişler daha uzun süre ağız ortamında sağlıklı kalmaya başlamıştır (17). Paslanmaz çelik kronlar, %12-30 krom, %1-20 nikel içermektedirler. İçeriğindeki krom okside olarak korozyona karşı koruyucu bir krom oksit tabakası oluşturmaktadır (28,29). Paslanmaz çelik kronların kabul edilebilir metal kalınlığı 0,2 milimetredir (mm) ve bu kronlar güçlü, esnek ve dövülebilir bir materyaldir (30). Kırılma ve aşınma dayanımı yüksek olup düşük maliyetlidir (31). Ağız ortamında okluzal ilişkisinin ve ark bütünlüğünün korunmasını sağlar. Bunların dışında uygulandığı dişi, asit ataklarına ve okluzal kuvvetlere karşı korurken hassasiyetin de azalmasına yardımcı olur (32,33).

PÇK’lar ilk üretildiklerinde tek tarafı kapalı ve molar dişlerin çiğneyici yüzeylerini taklit eden iri metal tüpe benzemekteydiler. Bu nedenle hekimin kronları uygulama yaptığı dişe uyumlaması esnasında epeyce bir zaman ve beceri sarf etmesi

gerekiyordu. İlerleyen dönemlerde üreticiler paslanmaz çelik kronları iyileştirerek günümüzdeki gibi dişin yüzeylerini taklit eden kolay bir şekilde uyumlanabilen hale getirmişlerdir (34). Paslanmaz çelik kronlar, dişte minimum preparasyon gerektirdiği gibi tek seansta kolaylıkla uygulanabilmektedir (35).

Paslanmaz çelik kronların klinik endikasyonları şöyle sıralanabilir:

- Adeziv bağlantısı yetersiz olan mine kalınlığı az olan dişler,
- Birden fazla yüzeyi içeren çürük varlığı, ağız hijyeni yetersiz hastalar,
- Endodontik tedavi uygulanmış dişler,
- Dental anomali varlığında, aşırı kron yıkımı olan kırık dişler,
- Diş eti altına kadar inen çürük varlığıdır (5,28).

Yapılan bir çalışmada, 604 farklı restorasyonun ağızda kalma süreleri incelenmiştir. Bu çalışmaya göre en yüksek ağızda kalma süresine paslanmaz çelik kronların sahip olduğu bunu sırasıyla amalgam, kompozit rezinler ve cam iyonmer simanların izlediği ifade edilmiştir. Paslanmaz çelik kronlar ve amalgamların ağız içinde kalma süresinin ortalama 5 yıl olduğu bildirilmiştir. Bu beş yıllık süre içerisinde başarının yüzde olarak paslanmaz çelik kronlar %68, amalgamlar %60 oranında olduğu açıklanmıştır. Dört senenin sonunda kompozitlerin ağızda 32 ay kaldığı ve başarı yüzdesinin %40 olduğu, cam iyonmer simanların ağızda 12 ay kaldığı ve başarı yüzdesinin %5 olduğu belirtilmiştir (36).

2.3.2. Açık Yüzlü Paslanmaz Çelik Kronlar

Kullanılmaya 1980'lerde başlanan açık yüzlü paslanmaz çelik kronlar, rutinde uygulanan paslanmaz çelik kronların ön yüzeyinin kaldırılarak bu bölüme rezinin yerleştirilmesiyle üretilmiştir. Böylece paslanmaz çelik kronların estetik olarak geliştirilmesi amaçlanmıştır (37).

Yapılan bir anket çalışmasında, katılan hekimlerin %70'i estetik olarak hastalarının ön bölgelerine gerektiği durumlarda açık yüzlü paslanmaz çelik kronları yapabileceklerini aynı zamanda bunun hem uygulama kolaylığı sağladığı hem de kronları estetik olarak hasta ve ebeveynlerinin daha iyi tolere edebileceğini belirtmişlerdir. Bunu destekler nitelikte hastaların %81,8'i olumlu yanıt vermişlerdir (38). Açık yüzlü paslanmaz çelik kronların dezavantajları, koltuk süresinin uzun

olması, oklüzal kuvvetlerin kırılmalara sebep olması, estetiği yeterince sağlamaması olarak belirtilmektedir (39).

2.3.3. Veneerlenmiş Paslanmaz Çelik Kronlar

Açık yüzölü kronlardaki birtakım dezavantajlar nedeniyle veneerlenmiş paslanmaz çelik kronlar üretilmiştir. Bu kronlar hasta ağızında hazırlık gerektirmeden tek seansta simante edilebilecek şekilde geliştirildiği için hastanın koltukta geçirdiği süreyi kısaltmaktadır. İlk üretildiği zamanlarda arka grup süt dişlerinde kullanılsa da zamanla ön grup süt dişlerinde de uygulanması tercih edilmiştir (40,41).

Veneerlenmiş paslanmaz çelik kronların şu gibi dezavantajları vardır:

- Renk seçimi kısıtlı olması nedeniyle doğal diş görünümünü yakalama zorluğunun olması,
- Fasiyal yüzeylerde kırılmalar gözlenebilmesi riski nedeniyle kontur işlemi yalnızca dişin palatinal/lingual yüzeyinden yapılması,
- Diş dokusuna pasif oturması gerektiği için daha fazla diş kesimi yapılması,
- Hacim olarak geniş olan bu kronların yer darlığı olan hastalarda uygulanmasının zor olmasıdır (40,41).

Shah ve arkadaşları veneerlenmiş paslanmaz çelik kronlarla ilgili yaptıkları bir çalışmada 12 çocuk hastanın ön bölgesine uygulanan 46 kronu incelemişlerdir. Bu çalışmaya göre, kron yapılmış dişlerin ağızda kalma süresinin 17,5 ay (5-38 ay arası) olduğu bildirilmiştir. Bu kronların %24'ünde rezin kırığının, %61'inde ise hiçbir kırığın gözlenmediği belirtilmiştir. Kron uygulanan dişlerin diş eti sağlığı incelendiğinde ise %61'inin diş etlerinin sağlıklı olduğu, %24'ünün diş eti bölgesinin hafif kızarıklık olduğu ve %15'inin diş etinde spontan kanama gözleendiği ifade edilmiştir (42).

2.3.4. Polikarbonat Kronlar

Polikarbonat kronlar, 1970'li yıllarda kullanılmaya başlanarak akrilik rezinin ısı ile sertleştirilmesi sonucu prefabrike olarak üretilmektedir. Fabrikasyon üretimle birlikte self-cure akrilik rezinlerden daha ince üretilir. Estetik olarak paslanmaz çelik

kronlara alternatiftir ancak, kırılma ve aşınma direnci düşük olduğundan günümüzde popülaritesini yitirmiştir (43).

Polikarbonat kronlar, prepare edilmiş dişe uygun olan boyutta seçilerek akrilik rezin ile simante edilir ve sonra polisaj yapıp marjinler kontrol edilerek restorasyon bitirilir. Alternatif olarak, kron formunu elde edebilmek amacıyla bir kompozit rezin kullanılabilir, dişin üzerine yerleştirilen kompozit rezin sertleşene kadar yerinde tutulur ve sonra kron çıkartılır. Bu kronların kırılma ve desimante olması gibi dezavantajları nedeniyle kullanımı çok tercih edilmemektedir (43).

Polikarbonat kronların kontrendikasyonları şu şekilde sıralanabilir:

- Deep-bite'ı ve çapraz kapanışı olan hastalarda,
- Bruksizmi ve aşırı atrizyonu olan hastalarda,
- Periodontal hastalığı olanlarda,
- Kök rezorbsiyonu varlığında kron için retansiyon alanı az kalmış dişlerde kullanımı kontrendikedir (44,45).

2.3.5. Strip Kronlar

Webber ve arkadaşları tarafından 1979 yılında strip kronlar ilk kez tanıtılmıştır ve süt dişleri için kullanılmaya başlanmıştır (22). Bonding ajanların geliştirilmesiyle birlikte mine ve dentin adezyonu ile dişe bağlanan bu kronlar, aşırı madde kaybı olan süt dişlerinde fonksiyon ve estetiği sağlamak için alternatif olarak geliştirilmiştir (16). Strip kronlarda, tüm diş dokusunu restore etmek amacıyla plastik diş formundaki uygun hazır kalıbın seçimi ile dişe uygun renkteki restoratif rezin materyalin yerleştirilmesi amaçlanır. Resinin yerleştirilip ışık cihazı yardımıyla sertleştirilmesi sonrasında plastik kalıp çıkarılır ve uygun formda polisaj işlemi yapılır (46).

Strip kronlar, ön süt dişlerinde şiddetli çürük varlığında, travma almış kırık dişlerde, renk ve şekil bozukluğu olan dişlerde, endodontik tedavi görmüş dişlerde kullanılabilir. Ancak, bonding işlemleri için yetersiz diş yapısı gösteren durumlarda, derin kapanışı ve periodontal sağlığı yetersiz olan hastalarda strip kron kontrendikedir (47). Estetik olarak iyi olması, parlak ve pürüzsüz yüzey oluşturulabilmesi, doğal dişe yakın bir görüntü oluşturması, pratik ve ekonomik olması gibi çeşitli avantajları vardır

(48). Strip kronlar, tekniğe duyarlıdır. Nem ve kan varlığı retansiyonun tehlikeye girmesine sebep olur. Aşınmaya direnci azdır ve diğer anterior kron restorasyonlara göre daha kırılmandır (49).

Tate ve arkadaşları, genel anestezi altında tedavi edilmiş olan süt dişlerinin restorasyonlarını incelemişlerdir. Bu retrospektif çalışmada, araştırmacılar 504 hastada kayıtlarına göre paslanmaz çelik kronları; amalgam restorasyonlar, rezin, restorasyonlar ve strip kron gibi yöntemlere göre daha başarılı bulmuşlardır. Paslanmaz çelik kronlarda %8 oranında başarısızlık görülürken, strip kronların başarısızlığı %51 olarak bildirilmiştir (50).

2.3.6. Pediatrik Jaket Kronlar

Kopolyester yapıdaki doğal diş görünümüne sahip bu kronlar, şiddetli madde kaybı olan süt dişlerinde uygulanabilmektedir. Esnek formu sayesinde makasla kesilerek şekillendirilebilir. Diğer tüm kronların aksine esnek ve yumuşak olan tek krondur.

Hazırlık aşamasının büyük bir kısmı ağız dışında gerçekleştiği için kooperasyon sorunu olan hastalarda kullanım avantajı sağlar. Asit ve bonding aşamalarıyla dişe yerleştirilir. İzolasyona bağlı olarak kompozit rezin ya da rezin modifiye cam iyonomer siman ile dişe simante edilir. Okluzal kuvvetlere karşı dayanımının düşük olması, renklenmeye neden olması ve kolayca dişten ayrılması dezavantajları arasındadır. Dişten ayrıldığında simantasyon materyali olan rezin kompozit ya da rezin modifiye cam iyonomer siman dişin üzerinde kalmakta ve yeniden restorasyona gerek kalmamaktadır (51).

2.3.7. Üç boyutlu (3D) Baskıyla Üretilen Resin Kronlar (CAD/CAM)

Aşırı madde kaybı olan süt dişlerinin restorasyonu için pek çok kron restorasyon kullanılmış ancak hiçbirisi hem estetik hem de dayanıklılık gibi beklentileri birlikte karşılayamamıştır. Diğer pediatrik kronların mevcut dezavantajlarından dolayı, teknolojik gelişmeler doğrultusunda daha hızlı hazırlanıp uygulanabilen, estetik ve dayanıklılık beklentilerini birlikte karşılayabilen kron ihtiyacı ortaya çıkmıştır (52).

Diş hekimliğinin her alanında etkili çözümler üretmek amacıyla hekimlerin bilgi ve becerilerinden yararlanılarak, dijital sistemler geliştirilmiştir (53). Günümüzde, bilgisayar desteğiyle tasarlanmış ve üretilmiş kronlar ön plana çıkmıştır. Bu yöntemde veriler bilgisayar ortamında toplanır, model üç boyutlu olarak oluşturulup tasarlanır ve son olarak bu tasarım üretilir. Bu sistemle bilgisayar ortamıyla destelenerek üretilmiş restorasyonlar, 'Computer Asisted Design/ Computer Asisted Manufacture (CAD/CAM)' olarak adlandırılır (52). Bu sistemle hazırlanan ilk kron 1985 yılında laboratuvar işlemine tabi tutulmadan yapılmıştır (54). Bu sistemlerle, geleneksel ölçü yöntemlerinden uzaklaşmak, restorasyonun doğal formuna benzer tasarım yapmak, hasta başındaki süreyi kısaltmak, restorasyonun mekanik direncini, marjinal uyumunu, renk ve kalitesini artırarak daha iyi bir estetik sağlamak amaçlanmaktadır (55). Bu sistemler ile günümüzde kron, köprü, inley, onley, veneer gibi restorasyonlar üretilmektedir. Bu sistemler çocuk diş hekimliği klinik pratiğinde kullanılmaya başlansa da henüz yaygınlaşmamıştır (52).

Dursun ve arkadaşları, bir çalışmada aşırı madde kaybı olan süt molar dişlere üç boyutlu baskı ile üretilen kompozit onleyleri ilk kez tanımlamıştır (56). Yapılan farklı çalışmalarda aşırı madde kaybı olan süt dişlerinde CAD/CAM ile desteklenen restorasyonların, hem estetik hem de işlevsel olarak başarılı olduğu ortaya konulmuştur (57,58).

Mittal ve arkadaşları paslanmaz çelik kron ve CAD/CAM ile üretilmiş indirekt rezin kompozit onleylerin klinik performanslarını değerlendirdikleri bir çalışmada CAD/CAM onleylerin 36 aylık bir süreçte sağkalım oranı %82,9, paslanmaz çelik kronların ise %90,7 olarak bulmuştur. Aynı zamanda CAD/CAM onleylerin koltuk süresini azaltarak, ebeveyn ve çocuk tarafından da iyi tolere edildiği ifade edilmiştir (59).

Bu sistemle üretilen restorasyonların maliyetli olması, tecrübeli eleman gereksinimi, derin marjinali dişlerin bilgisayar ortamına iyi aktarılamaması gibi nedenlerle kullanım sıklığı günümüzde azdır ancak yaygınlaşmaya başlamıştır (60).

2.3.8. Pediatrik Zirkon Kronlar

Zirkonyum 18. yüzyılda Sri Lanka’da keşfedilen periyodik cetvelde sembolü Zr (zirkonyum) ve atom ağırlığı 40 olan bir elementtir. Zirkonyum silikat ($ZrSiO_4$) ve zirkonyum oksit (ZrO_2) mineralleri, zirkonyumun elementine aittir. Zirkon, zirkonyum silikat mineralinin; zirkonya ise zirkonyum oksit mineralinin adlandırmasıdır. Zirkonyum, saf halde doğada bulunamazken pek çok bileşik halinde bulunabilir. Aynı zamanda zirkonyum, sıcaklık değişimlerine, aşınma ve korozyona dirençlidir. Bunların yanında zirkonyumun saf olması mekanik avantaj sağlar. Zirkonyum metali reaktif olduğu için, hava veya kimyasal bir solüsyon ile temas ettiği zaman oksit tabakası meydana gelir. Bu oluşan oksit tabakası metali korozyona karşı dirençli hale getirir. Bunların yanında diğer metallerle kıyaslandığında fiziksel özellikler açısından daha güçlüdür. Yapılan çalışmalara göre, zirkonyum ilk kez biyomateryel olarak 1969 yılında kalça protezi yapımında kullanılmaya başlanmıştır (61).

Paslanmaz çelik kronların süt dişlerinin tedavisinde ve korunmasında en iyi restorasyon seçeneği olduğu bilinmesine karşın, metal rengin diş etinden yansıması, renk farklılığı ve yapay görüntüsü nedeniyle estetik olarak zayıf olması yeni bir kron üretme fikrini ortaya çıkarmıştır. İlk kez 2008 yılında pediatrik zirkon kronlar EZ-Pedo™ (Loomis, ABD) markası ile piyasaya sürülmüştür. EZ-Pedo™ kronlar ile zirlock retansiyonu adındaki patentli bir sistem olan kronun içindeki oluklarla mekanik tutuculuğu artırarak klinik başarıya katkı sağlanmaya çalışılmıştır. Aşırı kron hasarı olan mesio-distal boyutu azalmış süt azı dişleri için mesio-distal olarak daralmış kronlar üretilmiştir. Hemen ardından sonra BruxZir (Gli-dewell, ABD), Lava™ Premium (3M ESPE; Katana ML, Kuraray) ve NuSmile (Houston, ABD) tarafından pek çok farklı pediatrik zirkon kron sistemleri piyasaya sürülmüştür (31).

Zirkon kronlar içeriğindeki yitrium oksitle kararlı hale gelen tetragonal zirkonyum oksit polikristalleri (yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal: Y-TZP), kristal fazlar arasında geçiş yaparak çatlak ve kırık oluşumuna engel olarak dayanıklı bir yapı oluşmasını sağlar (62). Buna dayanarak pediatrik zirkon kronlar da doğal mine tabakasına oranla oldukça güçlü halde tasarlanmıştır. Bu kronlar diş renginde olması ve saydamlığı sayesinde estetik beklentileri de karşılamaktadır (63).

Holsinger ve arkadaşları, yaptıkları bir çalışmada pediatrik zirkon kronların ön bölge restorasyonu olarak kullanımının klinik olarak başarısını ve ebeveyn kabulünü değerlendirmişlerdir. Çalışmada klinik olarak pediatrik zirkon kronların gingival sağlığa etkisi, retansiyon, renk, kontur ve marjinal uyumu, karşıt dişi aşındırması gibi faktörleri değerlendirmişlerdir. Yaklaşık 21 aylık klinik takip sonucu %96'sında gingival sağlığın ve %86'sında marjinal uyumun iyi olduğu gingival bir enflamasyonun olmadığı belirtilmiştir. Renk uyumu olarak komşu dişlerle olan renk farkının %64 oranında fark edilemeyecek kadar az olduğu görülmüştür. Pediatrik zirkon kronla restore edilmiş dişlerde herhangi bir sekonder çürük oluşmadığı aynı zamanda karşıt dişi aşındırmadığı bildirilmiştir. Aynı zamanda %96 sağ kalım oranıyla herhangi birisinde retansiyon kaybı gözlenmediği belirtilmiştir. Ek olarak hasta ve ebeveynler estetik açıdan pediatrik zirkon kronları tolere edebilmiştir (64).

Literatüre göre, pediatrik zirkon kronların ilk etapta paslanmaz çelik kronlara göre uygulama süresinin daha uzun olduğu fakat hekimin klinik pratiği arttıkça uygulamasının daha çabuk ve pratik olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, alt süt azı dişlere pediatrik zirkon kron uygulamasının üst süt azı ve ön grup dişlere göre daha kolay uygulandığı bildirilmiştir. Pediatrik zirkon kron uygulaması için hastanın kooperasyonunun iyi olması gerektiği aksi takdirde sedasyon ve genel anestezi uygulamalarından yardım alınabileceği de vurgulanmaktadır (65).

2.4. Dental Plak

“Oral biyofilm” olarak adlandırılan mikrobiyal dental plak, suyla kolayca çıkarılamayan, diş yüzeylerinde bulunan yumuşak ve yapışkan madde olarak tanımlanabilir; ancak daha spesifik olarak, ağızdaki sert yüzeylerde biyofilm şeklinde oluşan tükürük glikoproteinlerinden ve hücre dışı mikrobiyal ürünlerden türetilen organize bir matristir (66).

Mikrobiyal dental plak, diş çürüklerinin ve pek çok periodontal hastalığın temel nedenidir. Mikrobiyal dental plağın diş yüzeyindeki kütlesi arttıkça tükürüğün içindeki antimikrobiyal komponentlerin diş minesine olan faydalı etkisi ve tamponlama kapasitesi gittikçe azalır (67).

Mikrobiyal dental plak içerisinde asidojenik mikroorganizmalardan olan *Streptococcus mutans* ve *Lactobasiller* vardır ve mikroorganizmaların sayısı ile mine çürükleri arasında kuvvetli bir ilişki vardır. Bu bakteriler, ortamdaki karbonhidratları fermente ederek oluşturdıkları organik asitlerle mine yüzeyinde demineralizasyona sebep olur. Bu süreç ortamın sürekli olarak düşük pH değerine maruz kalmasına neden olduğundan remineralizasyon azalır ve demineralizasyon artar, bu durum da diş çürüğüne yol açar (68).

2.4.1. Mikrobiyal Dental Plak Kontrolü

Mikrobiyal dental plak, uzaklaştırılmadığında içeriğinde asidojenik mikroorganizmaların sayıca çoğalmasına neden olup diş çürüğü ve periodontal hastalıklara neden olur. Bu sebeple mikrobiyal dental plağın ortadan kaldırılması ağız ve diş sağlığının iyi bir şekilde idame ettirilmesinde büyük rol oynar. Dental plak kontrolü; mikrobiyal dental plağın oral dokularda ve diş yüzeyinde birikmesinin engellenmesi amacıyla günlük olarak ortadan kaldırılması olarak tanımlanır. Dental plak kontrolü, mekanik ve kimyasal olarak iki şekilde ya da bu iki yöntemin kombinasyonu şeklinde sağlanabilir (69,70).

2.4.1.1. Mekanik Plak Kontrolü

Ağız ve diş sağlığının korunması amacıyla kullanılan en etkili yöntem, mekanik olarak plağın uzaklaştırılmasıdır. Mekanik plak temizliğinde; diş fırçaları ve diş ipleri başta olmak üzere plak boyayıcı ajanlar, yüksek basınçlı su püskürten cihazlar ve dil kazıyıcıları kullanılmaktadır (71). Günümüzde çok kullanılan ve en güvenilir mekanik plak kontrol yöntemi diş fırçalama ile yapılan günlük temizliktir (72). Ağız ve diş sağlığının korunması için diş yüzeylerinin günde iki defa ve en az iki dakika boyunca fırçalanması önerilmektedir (73). Ayrıca bu süreci bir alışkanlık haline getirerek küçük yaşlarda diş fırçalama alışkanlığı kazanmış olan bireylerde çürük oluşum riskinin oldukça az olduğu belirtilmiştir (74).

Çocuk diş hekimliğinde gingival doku travmasının azaltılması ve çocukların motor becerilerinin az gelişmiş olması nedeniyle yumuşak başlı diş fırçaları daha çok tercih edilmektedir. Bu sebeple yapılan çalışmalar; kavranabilmesinin kolay olması nedeniyle sapı kalın, ağıza girebilecek kadar küçük ve yumuşak başlı diş fırçalarının

çocuklar için daha uygun olduğunu vurgulamıştır (75). Bebeklik döneminde ise yumuşak dokuları travmatize etmeden oral hijyeni sağlamak amacıyla silikon parmak fırçaları önerilmektedir (71).

Hastaların motor becerilerinin plağı etkili uzaklaştırmada yetersiz kaldığı düşünülerek turlu diş fırçaları gündeme gelmiştir. Bu fırçalar, otomatik hareketleri sayesinde el manipülasyon ihtiyacını azaltırlar. Buna rağmen yapılan çalışmalara göre turlu diş fırçalama ile manuel olarak fırçalama arasında dental plak uzaklaştırma açısından anlamlı derecede birbirinden üstün bulunamamıştır (75).

2.4.1.2. Kimyasal Plak Kontrolü

Ağız ve diş sağlığının korunmasında kullanılan bir diğer yöntem ise kimyasal plak kontrolüdür. Bu yöntem ile topikal ve sistemik antimikrobiyal ajanlar yardımıyla dental plak kontrol altına alınmaktadır (76).

Floridler, topikal olarak uygulanan kimyasal plak kontrolünde diş hekimliğinde en çok kabul görmüş ajanlardır. Topikal olarak jeller, vernikler, diş macunları veya iyonoforez yöntemleri ile uygulanmaktadır (77).

Klorheksidin kimyasal plak kontrolünde kullanılan bir diğer ajandır. Klorheksidinin bakteri gelişim ve oluşumunu baskıladığı ifade edilmiştir (78). Klorheksidinin etki mekanizması zamana bağlı olarak değişmekle birlikte iki aşamada gerçekleşir. İlk aşamada, katyonik bir molekül olan klorheksidin molekülü, anyonik olan diş yüzeylerine bağlanır. İkinci aşamada ise klorheksidin bakteri hücre duvarı ile uzun süreli bir bağlantı kurarak zarar verir (79). Yapılan bir çalışmada, klorheksidin moleküllerinin *S. mutans* sayılarını kontrol ederek çürük oluşumunu azalttığı bildirilmiştir (80). Klorheksidinin vernik formu özellikle çocuk hastalarda kullanılmaktadır. Özellikle dişlerin yeni sürdüğü dönemlerde rezin esaslı fissür örtücüleri uygulamadan önce tükürük izolasyonunun sağlanamaması halinde pit ve fissürlerde bakteri kontaminasyonunu önleyebilmek için vernik formu kullanılabileceği bildirilmiştir (81). Yapılan diğer çalışmalara göre klorheksidin verniklerin molar dişlerin fissürlerinde çürük oluşumunu azalttığı belirtilmiştir (82–86).

Povidon iyot, cerrahi el yıkamada ve cerrahi aletlerin temizlenmesinde kullanılan antimikrobiyal etkisi olan kimyasal plak kontrol ajanıdır. Antimikrobiyal etkisini klorheksidinden farklı olarak bakteri hücre membranlarıyla direkt kontakt kurarak gösterir. Gram pozitif ve gram negatif bakteriler, protozoalar, virüsler, funguslar ve mikobakteriler üzerinde etkilidir (87). Lopez ve arkadaşları, %10'luk povidon iyot solüsyonunun yüksek çürük riski taşıyan çocuklarda iki ayda bir uygulanması halinde erken çocukluk çağı dönemi çürüklerini ve bebeklerde ise opak lezyonları azalttığını bildirmişlerdir (88). Povidon iyot uygulaması, haftada bir veya iki haftada bir olacak şekilde, yeni çürük oluşumu gözlenmeyene kadar ya da risk seviyesi düşene kadar devam ettirilmelidir (89).

Kitosan, bir diğer antibakteriyel kimyasal plak kontrol ajanıdır. Kitosan, doğada bulunan doğal bir polisakkarittir. Hem bakterisit hem bakteriostatik etkisi sayesinde çürük önlenmesinde kullanılabilir. Kitosan bunların yanında oral kavitedeki pH'ı düşüren organik asitleri tamponlayıcı etki göstermektedir (90). Literatüre bakıldığında, kitosanın biyoadeziv özelliğinden yararlanarak klorheksidinle kullanıldığında antiplak etkisinin olduğunu bildirilmiştir (91). *S.mutans*, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *Porphyromonas gingivalis* üzerindeki antibakteriyel etkileri bildirilmekle birlikte suda çözünmemesi sebebiyle diş macunu ve ağız gargaraları içinde kimyasal bir ajan olarak kullanımı sınırlıdır (92,93).

2.5. Diş Macunları

Diş fırçalamayla plak kontrolü her zaman için sağlanamayabilir çünkü, diş fırçalama etkinliği el manipülasyonu ve diş fırçalama alışkanlıkları gibi pek çok bireysel faktöre bağlıdır. Bu sebeple diş fırçalama ile yapılan mekanik temizliğe ek olarak anti-plak özelliği olan kimyasal ürünlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır (94).

Oral hijyeni iyi bir şekilde sağlamak ve devam ettirmek için en ideal yöntem diş macunu ile dişlerin günde iki kere, iki dakika boyunca fırçalanmasıdır. Bu amaçla en çok tercih edilen kozmetik ve terapötik ajanlar diş macunlarıdır (95). Günümüzde diş macunları macun, toz ve jel formlarda piyasaya sürülmekle birlikte içerikleri üretici firmalara bağlı olarak değişmektedir (94).

Zaman içerisinde gelişen içerikleri ile birlikte diş macunları, anti-çürük ve anti-plak etkilerinin yanında başlangıç beyaz nokta lezyonlarını önlemek, dış kaynaklı diş renklenmelerini gidermek, diş beyazlatmak amacıyla da üretilmektedir. Genel olarak diş macunlarının içeriğinde aşındırıcılar (mekanik temizleyiciler), su, nemlendiriciler, bağlayıcılar, deterjanlar, terapötik ajanlar, koruyucu maddeler, renklendiriciler, koku ve tat verici ajanlar, ayırt edici özellikteki ajanlar (anti-çürük, anti-plak, beyazlatıcı, hassasiyet giderici vs.) bulunmaktadır (80,82).

2.5.1. Diş Macunlarının İçeriklerinde Bulunan Maddeler

Genel olarak diş macunlarının içeriklerinde bulunan maddeler ve yaklaşık yüzdeleri Tablo-2.1'deki gibidir (95).

Tablo-2.1: Diş macunlarının içeriklerinde bulunan maddeler ve yüzdeleri (95).

Diş Macunu İçeriğinde Bulunan Maddeler	Diş Macunu İçeriğinde Bulunan Maddelerin Yüzdeleri (%)
Aşındırıcılar (Mekanik temizleyiciler)	%20-40
Nemlendiriciler	%20-40
Su	%20-40
Terapötik ajanlar	%5
Tat ve koku veren ajanlar	%2
Bağlayıcılar	%2
Deterjanlar ve Sabunlar	%1-2
Koruyucular ve renklendiriciler	%1

2.5.1.1. Aşındırıcılar (Mekanik Temizleyiciler)

Diş macunlarının ana bileşenlerinin başında aşındırıcılar gelmektedir. Diş macunlarının ana görevi, plağın ve gıda artıklarının uzaklaştırılması ile diş yüzeyinin temizlenmesidir. Bu nedenle plak eliminasyonu ve diş yüzeylerindeki dış kaynaklı renklenmelerin mekanik ve kimyasal kontrolü için diş macunlarının içerisine çeşitli çözünmeyen inorganik tuzlardan oluşan abraziv maddeler eklenmektedir. Bu amaçla günümüzde en çok kullanılan suda çözünmeyen inorganik tuzlar; kalsiyum karbonatlar, dikalsiyum fosfatlar, hidrat silika, silika, kalsiyum pirofosfatlar, kalsiyum ortofosfatlar ve sodyum metafosfatlardır (96–99).

Diş macunların içerisinde bulunan aşındırıcıların abrazyon etkisinde aşındırıcının sertliği, partikül boyutu, şekli, dağılımı ve konsantrasyonu ile birlikte macunun pH'ı da etkilidir. Ayrıca bireyin diş fırçalama alışkanlıkları (fırçalama baskısı, yönü, süresi ve tekniği) ve diş fırçalamada kullanılan diş fırçasının özellikleri (fırça kılı kalınlığı, sıklığı, çapı, sertliği, kıl sonlanma biçimi) aşınmada etkilidir. Ayrıca diş macunu içeriğindeki kombine aşındırıcı kullanımı veya deterjanlarla olan etkileşimler de, aşındırmada büyük rol oynar (97–99).

Günümüzdeki diş macunlarının içeriklerinde kullanılan aşındırıcılar belirtilmektedir. Diş macunlarında sıklıkla kullanılan aşındırıcı çeşitleri Tablo-2.2'deki gibidir (100).

Tablo-2.2: Diş macunlarının içeriklerinde bulunan aşındırıcılar, kimyasal yapıları ve göreceli sertlik değerleri (100).

Aşındırıcılar	Kimyasal Yapısı	Göreceli Sertlik
Sodyum bikarbonat	NaHCO_3	Düşük
Di-kalsiyum fosfat dihidrat	$(\text{CaHPO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Düşük
Kalsiyum karbonat	CaCO_3	Düşük
Kalsiyum pirofosfat	$\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$	Orta
Hidroksiapatit	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$	Orta
Hidrat silika	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Orta
Perlit	Doğal mineral silikat	Yüksek
Alümina (Alüminyum oksit)	Al_2O_3	Yüksek

2.5.1.1.1. Hidrat Silika ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)

Üretilen diş macunlarının içeriklerinde sıklıkla kullanılan ve aşındırıcılığı yüksek özellikte olan bir bileşendir. Bu bileşen; boyutu, sertliği ve morfolojisi bakımından değişkenlik gösterebilmektedir. Çapraz bağlanma, parçacık biçimi, boyutu, su içeriği gibi özellikler silika aşındırıcılar için oldukça önemlidir (100).

2.5.1.1.2. Kalsiyum Karbonat (CaCO_3)

Doğal bir bileşen olan kalsiyum karbonat, yüzey lekelerinin ve plağın giderilmesinde yüksek abrazyon özelliği nedeniyle oldukça etkilidir. Bunun yanında

alkalen bir madde olması nedeniyle diş macunu içeriğinin pH'ını nötralize etmektedir (100).

2.5.1.1.3. Di-kalsiyum Fosfat Dihidrat ((CaHPO₄).2H₂O)

Di-kalsiyum fosfat dihidrat, mine yüzeyinde sabit bir kaynak olarak kalsiyum ve fosfat iyonları sağlayarak remineralizasyon etkisi olan bir aşındırıcıdır. Sıvıda çözünürlüğü düşük olan bir bileşendir (100).

2.5.1.1.4. Kalsiyum pirofosfat (Ca₂P₂O₇)

Diş yüzeyinden leke çıkarıcı ve anti-plak etkisi olan kalsiyum pirofosfat, agresif düzeyde abraziv özelliği nedeniyle diş macunu içeriğinde dikkatli kullanılmalıdır (97).

2.5.1.1.5. Alümina (Alüminyum oksit) (Al₂O₃)

Sertlik değeri yüksek ancak ince bir abraziv olan alümina, leke çıkartıcı özelliği ile beyazlatıcı etkili diş macunlarının içeriğinde tercih edilir. Diş minesinde hasara sebep olmamak için diş macunu içeriğindeki miktarı kontrollü olmalıdır (100).

2.5.1.1.6. Perlit (Doğal mineral silikat)

Mikroskobik boyutta olan perlit volkanik bir camdan elde edilmektedir. Diş yüzeyinde lekelerin giderilmesinde kullanılır. Yumuşak aşındırıcılık özelliği sayesinde diş minesinde hasara neden olmadan yüzey temizliği yapıldığı bildirilmiştir (97).

2.5.1.1.7. Sodyum Bikarbonat (NaHCO₃)

Doğal ve alkali bir bileşik olan sodyum bikarbonat, ağızdaki asidik ortamı nötralize eder, kötü ağız kokusunu önler. Bunların yanında düşük aşındırıcılığı sayesinde diş yüzeyindeki lekeleri nazikçe temizlemektedir (99,100).

2.5.1.2. Nemlendiriciler

Nemlendiriciler, diş macunu formülasyonlarında suyun zaman içinde tutulmasına yardımcı olmanın yanı sıra, kıvam arttırıcılarıyla birlikte diş macununun uzun vadeli stabilitesini ve kullanım sırasında kıvamını da etkiler. Su, çoğu diş macununun ana bileşenlerinden biri olup, etkili florür iletimi için büyük önem taşır. Diş macunu tüpünün kapağının kapalı kalmaması durumunda macunun kuruyabileceği dikkate alındığında, su kaybının önlenmesi hem işlevsel hem de kozmetik açıdan önemli bir faktördür. Bu amaçla, gliserol, sorbitol ve polietilen glikol gibi nemlendiriciler sıklıkla kullanılır. Bu bileşenler, yetişkinler ve çocuklar için diş macunu formülasyonlarında uzun yıllardır yer almaktadır (101).

2.5.1.3. Deterjanlar ve Sabunlar

Sabunlar, köpürücü özellikleri ve yüzey geriliminin azaltılması yoluyla plak ve debrisin yüzeyden gevşeyerek uzaklaştırılmasını sağlar. Ancak, deterjanların piyasaya çıkmasıyla birlikte sabunlar, diş macunu formülasyonlarından hızla çıkarılmıştır. Günümüzde en yaygın kullanılan deterjanlar arasında sodyum lauril sülfat (SLS), sodyum alkali sülfosfat ve sodyum N-lauril sarkosinat yer almaktadır. Sodyum lauril sülfat (SLS), stabil bir yapıya sahip olup, diş macunlarında sıklıkla tercih edilmektedir (102).

2.5.1.4. Bağlayıcı Ajanlar

Bağlayıcılar, diş macunu formülasyonunda stabiliteyi korumak, istenilen kıvamı sağlamak, tüpten kolay sıkılabilirliği artırmak, estetik görünümü iyileştirmek ve ağız içinde homojen bir şekilde dağılmasını kolaylaştırmak amacıyla kullanılan bileşenlerdir. Diş macunlarında yaygın olarak karragenatlar, aljinat, sodyum karboksimetilselüloz, magnezyum alüminyum silikat, sodyum magnezyum silikat ve kolloidal silika gibi bağlayıcı maddeler tercih edilmektedir (103).

2.5.1.5. Tatlandırıcı ve Koku Verici Ajanlar

Diş macunu tercihinde tat önemli bir faktördür (104). Özellikle ferahlatıcı ve tazelik hissi veren nane, anason, limon ve okaliptüs gibi aromalara sahip diş macunları tüketiciler tarafından yaygın olarak tercih edilir. Tatlandırıcılar, formülasyonda bulunan diğer bileşenlerin tat ve kokularını dengeleyerek ürünün duyuşal özelliklerini iyileştirir. Diş macunlarında yaygın olarak sakkarin, sorbitol, aspartam, ksilitol ve isomalt gibi tatlandırıcılar ile nane, tarçın, limon, okaliptüs ve mentol gibi aromatik bileşenler kullanılmaktadır. Ayrıca bazı tatlandırıcıların antimikrobiyal özelliklere sahip olduğu ve diş minesinin remineralizasyonunu desteklediği belirlenmiştir (105).

Çocuk diş macunlarına çocuk dostu meyve aromalı tatlandırıcıların eklenmesi, diş macunlarının çocuklar tarafından tolere edilebilirliğini artırarak diş fırçalama deneyimlerini daha zevkli hale gelmesini sağlar (101).

2.5.1.6. Terapötik Ajanlar

Diş macunlarının içerisinde farklı amaçlara yönelik pek çok aktif bileşen bulunmaktadır. İşlevlerine göre bazı yaygın bileşenler şunlardır:

- Çürük önleyici ajanlar: Genellikle florür (sodyum florür, sodyum monoflorofosfat, amin florid, kalay florid veya stannöz florür) içerir. Florür, diş minesini çürük oluşumuna karşı dayanıklı hale getirir (106).
- Plak ve tartar oluşumunu önleyici ajanlar: Pirofosfatlar, çinko sitrat ve triklosan gibi bileşenler diş taşını ve plağı azaltmada rol oynar antitartar özellikte olanlar genellikle fosfatın tadını maskelemek için daha yüksek aroma verici içerirler (106).
- Diş eti enfeksiyonunu önleyici ajanlar: Antibakteriyel bileşenler (örneğin, triklosan, çinko bileşikleri) diş eti hastalıklarını önlemeye yardımcı olur. Son yıllarda yapılan araştırmalar, klorheksidin, setilpiridinyum klorür, ısırgan otu ve zerdeçal gibi bileşenlerin plak kontrolü, diş eti iltihabı ve periodontitisin önlenmesi ve yönetiminde etkili olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, söz konusu bileşenler diş macunu formülasyonlarına dahil edilmektedir (106,107).

- Hassasiyet azaltıcı ajanlar: Potasyum sitrat ve potasyum nitrat gibi potasyum tuzları dentin tübüllerini tıkayarak hassasiyet azaltıcı etki yapar. Tübül tıkanmasını sağlamak amacıyla stronsiyum tuzları, kalay florür, kalsiyum sodyum fosfosilikat, kalsiyum karbonat ve arginin bikarbonat gibi çeşitli bileşikler kullanılmaktadır (108,109).
- Beyazlatıcı ajanlar: Diş macunu formülasyonlarındaki beyazlatıcı içerikler, mekanik, kimyasal ve optik ajanlar olarak sınıflandırılmaktadır. Mekanik ajanlar, farklı partikül büyüklüğündeki abrazyivler ile lekeleri fiziksel olarak uzaklaştırır. Macun formülasyonlarında, genellikle kimyasal ve mekanik ajanların sinerjik etkisinden yararlanılır. Hidrojen peroksit, sodyum bikarbonat veya silika bazlı aşındırıcılar, diş lekelerini gidererek beyazlatmaya yardımcı olur (106).

2.5.1.7. Renklendirici Ajanlar

Diş macununun rengi, tüketici tercihlerini etkileyen önemli bir faktördür. Üreticiler, genellikle beyaz bir baz üzerine çeşitli renkli şeritler içeren formülasyonlar geliştirmeyi amaçlamaktadır. Beyazlık, yaklaşık %1 oranında titanyum dioksit (TiO_2) eklenerek sağlanırken, renkli şeritler için düşük miktarda (%0,1) yapay renklendiriciler kullanılmaktadır. Eritrosin kırmızı, tartrazin ise sarı renklendirme amacıyla kullanılmaktadır (106).

2.5.1.8. Koruyucu Ajanlar

Diş macunlarında, nemlendiriciler ve bazı organik bağlayıcılar küf mikroorganizmalarına karşı duyarlıdır ve bakteriyel kontaminasyona karşı korunmak için koruyucu ajanlar eklenir. Uzun süreli depolamada bakteri üremesini engellemek amacıyla, diş macunlarına genellikle %0,2 oranında koruyucu eklenir. En sık kullanılan koruyucular arasında sodyum benzoat, metil paraben, etil paraben, formaldehit ve diklorofen bulunur. (106,110).

2.5.1.9. Su

Diş macunu formülasyonlarında en yaygın ve ekonomik bileşen olan su, inorganik aktif bileşenler ve özellikle florür için önemli bir çözücü işlevi görmektedir. Ancak, aktif bileşenlerin kararlılığını ve biyoyararlanımını olumsuz etkileyebilecek kalsiyum ve eser elementlerin giderilmesi amacıyla suyun arıtılması gerekmektedir (106).

2.5.2. Diş Macunlarının Rölatif Dentin Abrasyon Değeri (RDA) ve Rölatif Mine Abrasyon (REA) Değeri

Diş macunları içerisindeki aşındırıcıların göreceli güvenliği dentin için, Rölatif Dentin Abrasyonu (RDA); mine için, Rölatif Mine Abrasyonu (REA) kavramları ile ayrı ayrı standardize edilmiştir. Bu sayede diş macunlarının aşındırıcılığının kıyaslanabilmesi ve ömür boyu kullanıma uygun olup olmadığının değerlendirilmesi sağlanmaktadır (111,112).

Uluslararası ve ulusal standartlar kullanılarak diş macunlarının aşındırıcılık etkileri üreticiler tarafından belirlenmektedir (BS 5136, 1981, ISO 11609, 1995). Abrasiv etkinin tespitinde kullanılan en iyi ve en bilinen yöntem Rölatif Dentin Abrasyonu (RDA) değeridir (111). Bir diş macununun RDA değerinin saptanması, Amerikan Diş Hekimleri Birliği (ADA) referans materyali olan 10 gram (gr) kalsiyum-pirofosfat ve 50 mililitre (ml) %0.5'lik karboksi-metil-selülozun, %10'luk gliserin içerisine karıştırılmasıyla oluşturulan bileşiğin dentin yüzeyinde meydana getirdiği abrazyon miktarının ölçülmesiyle elde edilmektedir. Farklı RDA değerlerine sahip olan diş macunlarıyla yapılan bir çalışmada, yüksek RDA değerine sahip olan diş macununun dentin yüzeyinde daha fazla abrazyon oluşturduğu bildirilmiştir (113).

Bir diş macununun RDA değerine alternatif olarak REA (Rölatif Mine Abrasyonu) değeri de vardır. Bu değer diş minesini için kullanılır. Ancak dentin ve mine farklı aşınma özelliklerine sahip olduğundan REA değeri RDA değeri üzerinden türetilmez ve birbirlerinin yerlerine kullanılamazlar. Bunun yanında REA değeri, RDA değerini tamamlayıcı niteliktedir ancak minede daha düşük bir kalsiyum salımına neden olarak daha zayıf ve belirsiz bir ölçüm gerçekleştirmesi gibi bazı sınırlamalara sahiptir (114).

Erişkinlerde, diş macunu kullanımının günlük üst sınırı, 250 (RDA) veya 40 (REA) olarak kabul edilmektedir; ancak çocuklar için bu sınırlar belirlenmemiştir (115) . Ticari diş macunlarının tipik RDA değerlerine dair yapılan bir çalışmada, 26 yetişkin diş macunu formülasyonunun 38 ile 269 arasında değişen RDA değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir (116). Süt dişleri, genç daimi dişler arasındaki yapısal farklılıklar ve çocukların diyetlerinde genellikle yüksek miktarda çay ve kahve tüketimi bulunmaması gibi faktörler dikkate alındığında, çocuklar için diş macunlarının daha düşük bir RDA değeriyle formüle edilmesi uygun olacaktır (117).

2.5.3. Çocuk Diş Macunları

Süt dişleri, genç ve olgun sürekli dişler arasında yapısal farklılıklar bulunmaktadır. Bu nedenle çocuk diş macunlarının içeriği yaş gruplarına göre değişmektedir. Çocuk diş macunlarında aşındırıcı maddeler, kıvam artırıcılar, nemlendiriciler, sabun ve deterjanlar, tatlandırıcılar ve çürük önleyici ajanlar yer almaktadır. Çocuk ve yetişkin diş macunları arasındaki temel farklılıklar, yüzey aktif maddelerin türü ve miktarı, kullanılan bağlayıcı ajanlar, tatlandırıcı ve renklendirici bileşenler ile florür içeriğidir. Çocuklara uygun diş macunları, düşük aşındırıcılığa sahip olmalı, florür dağılımını engelleyen bileşenler içermemeli ve fırçalama sürecini tolere edilebilir tatlarıyla keyifli hale getirmelidir (118,119) .

Yetişkinlerde çay, kahve ve sigara gibi dişlerde renklenmeye yol açan maddeler yaygın olarak tüketilirken, çocuklarda bu tür etkenler nadiren tüketilir. Ayrıca, süt dişleri ve genç daimi dişler, olgun daimi dişlerden yapısal olarak farklılık gösterdiğinden, çocuk diş macunlarında kullanılan aşındırıcı bileşenlerin aşındırıcılık seviyeleri titizlikle değerlendirilmelidir (120). Bununla birlikte, çocuklarda Nasmyth zarı kaynaklı renklenmeler veya kromojenik bakterilere bağlı renk değişimleri gözlemlendiğinde, daha yüksek aşındırıcılığa sahip diş macunlarının kullanımı önerilebilmektedir (121).

Kıvam arttırıcılar, diş macununun tüpten kontrollü sıkılmasını ve fırça üzerinde sabit kalmasını sağlayan bileşenlerdir. Özellikle diş fırçalama alışkanlığı gelişmekte olan çocuklar için bu özellik önemlidir. (118,120).

Diş fırçalama esnasında oluşan köpük miktarı, diş macunundaki deterjan türü, konsantrasyonu ve diğer bileşenlerle etkileşimine bağlıdır. Kokamidopropil betain, adinol ile kremi ve yoğun, SLS ile ise daha büyük yapıda köpük oluşturur. Küçük çocuklar için az köpüren macunlar önerilirken, 6-12 yaş grubunda daha fazla köpüren macunlar tercih edilmektedir (120).

Diş çürüklerini önlemek amacıyla diş macunlarına 50 yılı aşkın süredir florür eklenmektedir. Bu süreçte önerilen florür miktarı ve kullanım dozları değişiklik göstermiştir. Beş yaş altı çocuklar tükürme refleksi tam gelişmediğinden diş macununu yutma eğilimindedir, bu da florür dozunun dikkatle belirlenmesini gerektirir. Avrupa Pediatrik Diş Hekimliği Akademisi (EAPD), 2019 yılında “Çocuklarda Diş Çürüklerinin Önlenmesinde Florür Kullanımı” konulu kılavuzunu güncelleyerek yayımlamıştır (122). Bu kılavuz doğrultusunda, dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de çocuklar için florürlü diş macunu kullanımına ilişkin öneriler yaş gruplarına göre belirlenmiş; uygun florür konsantrasyonları ve günlük kullanım miktarları Tablo-2.3’de sunulmuştur. Ayrıca, çocuk diş macunlarında florüre alternatif olarak ksilitol, teobromin, mikro-kristal hidroksilapatit, biyoaktif cam ve kazein fosfopeptid-amorf kalsiyum fosfat (CPP-ACP) gibi çürük önleyici ajanlar da kullanılmaktadır (118).

Tablo-2.3: Yaş gruplarına göre macunlardaki florür konsantrasyonları ve günlük kullanım miktarları (118).

Yaş Aralığı	Flor Konsantrasyonu (ppm)	Sıklık	Miktar (gram)	Büyüklik
0-2 yaş	1000 ppm	Günde 2 kez	0.125 gr	Sürüntü şeklinde
2-6 yaş	1000 ppm	Günde 2 kez	0.25 gr	Bezelye tanesi büyüklüğünde
6 yaş ve üzeri	1450 ppm	Günde 2 kez	0.50 – 1.0 gr	Fırçanın uzunluğu kadar

2.6. Diş Fırçası

Diş fırçaları, kılların yapıldığı materyal, sertlik, boyut ve fırça başındaki yerleşim gibi özelliklere göre çeşitli varyasyonlar gösterebilir. İngiltere Standartlar Enstitüsü, diş fırçalarını kıllarının sertliğine göre yumuşak, orta sertlikte ve sert olarak sınıflandırmıştır. Yumuşak kılların çapı genellikle 0,2 mm, orta sertlikteki kıllar 0,3 mm, sert kıllar ise 0,4 mm civarındadır (123). İdeal bir fırça, küçük bir başa sahip olup düz saplıdır. Fırçanın naylon kıllarının çapı 0,3 mm, uzunluğu ise 10,3 mm'dir. Kılların uçları yuvarlatılmış olup, fırça 2-4 sıra demet halinde düzenlenmiştir. Her sıradaki kıl demetleri, eşit aralıklarla yerleştirilmiş ve her demette 80-86 kıl bulunmaktadır. Çocuklar için tasarlanan fırçalar ise daha küçük başlıklı, ince çaplı (0,1 mm) ve daha kısa kıllara (8,7 mm) sahip olmalıdır. Yumuşak kıllar, esnek yapıları sayesinde diş-dişeti birleşimini ve dişeti oluşunu daha iyi temizler, ayrıca interproksimal bölgelere daha rahat erişir. Sert kılların kullanımı ise dişeti çekilmesine neden olabilmektedir (66).

Fırçalama etkinliğini belirleyen başlıca faktörler, fırçanın uyguladığı kuvvet, fırçalama tekniği, kılların sertliği ve yerleşimidir. Günümüzde diş fırçası tasarımları, farklı aç ve uzunluktaki fırça kıllarının kullanımıyla daha karmaşık hale gelmiştir. Diş macunu içindeki abraziv partiküllerle fırça kıllarının teması, diş yüzeyindeki plak ve lekelerin uzaklaştırılma mekanizması üzerine çalışmalar yapılmaktadır (124). Sert bir fırça, yumuşak olana göre standart bir macunla birlikte kullanıldığında daha fazla aşındırma etkisi gösterir (125). Manuel diş fırçası kullanıldığında, uygulanan kuvvetin 140 gr ile 720 gr arasında değiştiği, ortalama değerin ise 330 gr olduğu tespit edilmiştir (126). Elektrikli diş fırçalarının performansı, uygulanan kuvvet ve diş macunu kullanımı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Aşırı kuvvet uygulaması, fırçalama etkinliğini olumsuz yönde etkileyebilir (127).

Son zamanlarda, özellikle çocuklar için kullanım kolaylığı sağlayan ve diş plağı kontrolünü iyileştiren tek kullanımlık çiğnenebilir diş fırçaları (CTB) üretilmiştir. Bu fırçalar, diş macunu gerektirmeyen ksilitol ve sodyum monofluorofosfat ile formüle edilmiş, tek demetli, küçültülmüş boyutlu ve farklı kıl tasarımlarına sahip ürünlerdir. CTB'lerin dental plak temizliğinde etkili olduğu gösterilmiştir (128).

2.7. Diş Fırçalama Simülatörü

Diş fırçalama simülatörleri, diş yüzeyleri ve dolgu materyallerinin belirli bir süre boyunca sabit bir kuvvetle fırçalanarak meydana gelen aşınma süreçlerini değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu simülatörler, ağız ortamındaki diş fırçalama uygulamalarının sebep olduğu aşınma etkilerini taklit ederek, dişlere uygulanan fırçalama işleminin laboratuvar koşullarında benzer şekilde gözlemlenmesine olanak tanımaktadır (129).

Başlangıçta, yalnızca yatay hareketler gerçekleştirebilen fırçalama simülatörleri geliştirilmiştir. Bunu takiben, 2,5 newton (N) ile 10 newton (N) arasında değişen fırçalama kuvvetleriyle, hem yatay hem de dikey fırçalama hareketlerine olanak tanıyan simülatörler kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ise, bu amaçla en yaygın olarak tercih edilen cihazlar, düz eksenlerde (ileri-geri, sağ-sol), çapraz ve yuvarlak ('0' ve '8' şeklini çizerek hareket eden) fırçalama modlarına sahip olmak üzere üç farklı fırçalama modu sunmaktadır (130).

2.8. Yüzey Pürüzlülüğü Kavramı

Aşınma, anatomik formun deformasyonu ile sonuçlanan bir malzeme kaybı süreci olarak tanımlanır. Aşınma sonucunda bazı parçacıkların yüzeyden ayrılması, malzemede hacim kaybına yol açar. Bu durum, malzemenin yüzey özelliklerinde değişikliklere neden olur ve yüzey pürüzlülüğünün artmasına sebebiyet verir (131).

Pürüzlülük, yüzeydeki düzensizlikler ve mikro ölçekteki girintilerden oluşan karmaşık bir yapı olarak tanımlanır. Bu yüzey özellikleri, ıslaklık, adezyon ve parlaklık gibi faktörleri doğrudan etkiler. Pürüzsüz yüzeyler ise sürtünme katsayısını ve aşınma hızını azaltarak restorasyonların klinik dayanıklılığını arttırmaktadır (132).

Restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğünün düşük olması, bakteriyel adezyonu önlemede önemli bir rol oynamaktadır. Pürüzlülük, oral mikroorganizmaların yüzeye tutunma kapasitesini doğrudan etkileyen bir faktördür (133). Bollen ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalarda, ağız içindeki sert yüzeylerde plak birikiminin önlenmesi için yüzeyin kritik ortalama pürüzlülük değerinin 0,2 mikrometre (μm) veya daha düşük olması gerektiği belirlenmiştir. Bu

eşiğin aşılması durumunda ise plak birikiminin meydana geldiği rapor edilmiştir (134,135).

Hastalar, ağız içi materyallerin yüzey pürüzlülüğüne karşı oldukça duyarlıdır. Literatürde, 20 μm gibi küçük pürüzlülük değerlerinin algılanabildiği belirtilmiştir. Dilin ön kısmı, yüksek sinir yoğunluğu nedeniyle dokunma duyusunun en hassas olduğu bölgedir (136). Güncel çalışmalar, hastaların dil uçlarıyla yüzey pürüzlülüğündeki 0,3 μm 'lik artışı fark edebildiğini göstermektedir (137).

2.8.1. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme ve Değerlendirme Parametreleri

Bir yüzeyin pürüzlülüğünü değerlendirmek için kullanılan farklı parametreler vardır. Yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek için ortalama pürüzlülük değeri (R_a), ortalama kare pürüzlülük değeri (R_q) ve on nokta pürüzlülük değeri (R_z) gibi çeşitli parametreler kullanılmaktadır. R_a , genel pürüzlülük seviyesini ifade eden temel bir ölçüm parametresi olup, yüzey pürüzlülüğü üzerine yapılan çalışmalarda standart bir değerlendirme yöntemi olarak kabul edilmektedir. Bu değer, yüzeyin düzensizliklerini nicel olarak belirlemeye olanak tanır ve daha pürüzlü yüzeylerde daha yüksek değerler göstermektedir. R_z ise, en yüksek beş tepe noktasının ortalama yüksekliği ile en derin beş çukurun ortalama derinliğinin toplamından oluşan on nokta pürüzlülük değeridir. R_a 'ya benzer ama daha duyarlı bir ölçümdür. Bu parametre, yüzeydeki lokal düzensizliklerin belirlenmesinde önemli bir rol oynar (138,139). Bunlara ek olarak yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmede kullanılan diğer parametreler Tablo-2.4'te gösterilmiştir.

Tablo-2.4: Yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmede kullanılan parametreler (138,139).

Ra (Ortalama Pürüzlülük Değeri)	Yüzey profilinin ortalama düzensizliğini ifade eder. Pürüzlülük profilinin ölçüm uzunluğunun, orta çizgiden uzaklığının mutlak değerlerinin aritmetik ortalamasıdır.
Rq (Ortalama Kare Pürüzlülük Değeri)	Yüzeydeki yükseklik sapmalarının karelerinin ortalamasının karekökü olarak hesaplanır. Profilin merkezi hattından tüm sapmaların geometrik ortalamasıdır.
Rz (On Nokta Pürüzlülük Değeri)	Yüzeydeki en yüksek beş tepe noktası ile en düşük beş çukur noktası arasındaki farkın ortalaması alınarak hesaplanır.
Rmax (Maksimum Pürüzlülük Değeri)	Ölçülen yüzey profili boyunca en büyük yükseklik farkını ifade eder ve en uç noktadaki pürüzlülüğü belirler.
Rp (Tepe Yüksekliği)	Yüzey profilindeki en yüksek noktanın ortalama çizgiden olan maksimum uzaklığını gösterir.
Rpm (Ortalama Tepe Yüksekliği)	Belirli bir ölçüm aralığındaki ortalama tepe noktalarının yüksekliklerinin ortalama değerini ifade eder ve yüzeydeki mikro çıkıntıların belirlenmesinde kullanılır.

Bu parametreler, yüzeyin fonksiyonel özelliklerini anlamada kritik öneme sahiptir. Örneğin, Ra değeri, genel pürüzlülük seviyesini belirlemede yaygın olarak tercih edilirken, Rz ve Rmax gibi parametreler, yüzeydeki lokal düzensizlikleri değerlendirmek için kullanılmaktadır. Literatürde, özellikle restoratif materyallerin biyouyumluluğu ve bakteriyel adezyon üzerindeki etkilerini belirlemek için bu parametreler sıklıkla analiz edilmektedir (134,140).

2.9. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme ve Değerlendirme Analiz Yöntemleri

Yüzey pürüzlülüğünü analiz edebilmek için çeşitli yöntemler ve cihazlar geliştirilmiştir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) gibi kalitatif analiz yöntemlerinin yanı sıra, yüzey profili analizinde kantitatif değerlendirmeler sağlayan profilometreler gibi teknikler kullanılmaktadır. Ayrıca, son yıllarda gelişen atomik kuvvet mikroskobu (AFM) teknolojisi ile yüzey pürüzlülüğünün hassas bir şekilde ölçülmesi mümkün hale gelmiştir (141).

2.9.1. Profilometreler

Kantitatif değerlendirme sağlayan yöntemler mekanik ve optik profilometre olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (142).

2.9.1.1. Mekanik Profilometreler

Mekanik profilometreler, yüzey ölçümünü iki boyutlu olarak gerçekleştiren cihazlardır. Çalışma prensibi, belirli geometrik özelliklere sahip bir elmas ucu kullanarak yüzeye temas etmek ve sabit doğrusal bir mesafe boyunca tarama yapmaktır. Sensör, x eksenini yönünde hareket ederken, yüzeyin dikey eksenindeki yükseklik değişimlerini algılar ve bu verileri cihazın dönüştürme sistemi aracılığıyla sayısal verilere dönüştürür. Bu nedenle, ölçüm yapılan yüzeyin paralelliği ve sensörün eksen dönüşüm ayarlarının hassas bir şekilde yapılması, doğru ve güvenilir sonuçlar elde edebilmek için kritik öneme sahiptir (142). Mekanik profilometreler, hem dijital hem de analog bileşenler kullanılarak veri kaydı yapabilen ölçüm cihazlarıdır (143). Bu cihazlarda yer alan sensörler, belirli geometrik özelliklere sahip bir elmas uç aracılığıyla yüzeyi yatay yönde tarar ve genellikle 20-50 μm çözünürlükle veri toplar. Ölçüm sonuçlarının yüzeydeki oluklardan etkilenmemesi için farklı açılardan ölçümler gerçekleştirilmesi önemlidir. Bu sayede, yüzey topografisi daha doğru ve güvenilir bir şekilde analiz edilebilir (144).

2.9.1.2. Optik Profilometreler

Optik profilometreler, yüzey ölçümlerinde üç boyutlu veri sağlayan cihazlardır. Mekanik temas gerektirmeyen bu sistemler, yüzeyi optik ışınlar kullanarak tarar (142). Ölçüm işlemi, yüzey üzerinde belirlenen referans noktaları arasındaki mesafenin analiz edilmesiyle gerçekleştirilir. Optik bileşenler, yaklaşık 100 μm^2 'lik bir alan üzerinde birkaç nanometrelik çözünürlük sunabilmektedir (142). Yüzey topografisinin üç boyutlu yapısı nedeniyle, optik profilometreler yüzeyin doğal karakteristiğini ayrıntılı bir şekilde ortaya koyma imkânı sağlar (141).

2.9.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDX Analizi)

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), ince bir elektron demetinin (yaklaşık 10 μm) incelenen yüzey üzerinde ardışık olarak noktasal tarama yapması prensibine dayanmaktadır. SEM, yüzeydeki çiziklerin ve yapısal bozuklukların analizinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Ayrıca, yüzey pürüzlülüğünün iki boyutlu topografisini görüntülemek amacı ile de tercih edilmektedir. Analizi gerçekleştirilecek

numunelerin iletken olması gerekmektedir. İletken olmayan örnekler ise genellikle karbon veya altın kaplama ile iletken hâle getirilmelidir (141).

EDX (EDX-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy), bir materyalin elementel bileşimini belirlemek için kullanılan bir X-ışını analiz tekniğidir. SEM cihazı, ikincil elektron (secondary electron), geri yansıyan elektron (backscattered electron) ve enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDX-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) dedektörleri ile donatılmıştır. Bu dedektörler, yüzey analizi ve elementel bileşimin belirlenmesi gibi çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır (145).

2.9.3. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)

Atomik kuvvet mikroskobu (AFM), 1980'lerin ortalarında geliştirilen yüksek çözünürlüklü uzaysal görüntüler elde etmek için bir iğne ucunun yüzeyi taramasına dayanan bir cihazdır. Bu sistem, nesne yüzeyinin dikey boyut, yükseklik ve derinlik gibi özelliklerini hassas bir şekilde ölçerek gerçek uzaysal görüntüler sağlar. Temelde, keskin uçlu bir iğne (genellikle silikon veya silisyum nitrit kaplı) yaklaşık 10^{-9} N'luk kuvvetle, yüzey üzerinde üç boyutta (x, y, z eksenlerinde) hareket ettirilir. Bu yöntemle elde edilen veriler, nanometre düzeyinde üç boyutlu topografik analizler yapılmasına imkân tanır. AFM, yüzeye zarar vermeden ölçüm yapabilme özelliği ile dikkat çeker ve sayısal verilerle karşılaştırmalar yapılabilir. Yüzey pürüzlülüğü değerlendirmesinde AFM, mekanik ve optik profilometrelerden daha ayrıntılı veriler sunar. Ayrıca, örneğin iletken olma zorunluluğu olmadığı için AFM, örnek hazırlığı ve kullanım açısından SEM'e alternatif bir tekniktir (146,147).

İnce AFM ucu (uç yarıçapı 20 nm), örneklerin yüzey pürüzlülüğü gibi kantitatif verilerin yanı sıra, yüzeylerin görüntüleri gibi kalitatif bilgilerin de kaydedilmesini sağlar (148). AFM'nin konvansiyonel tekniklere göre önemli avantajları vardır; bunlar arasında üç boyutlu ölçüm yapabilme yeteneği, vakum ortamı veya numune hazırlığı (kaplama gibi) gerektirmemesi yer alır. Ancak, düşük tarama hızı nedeniyle az sayıda örnek üzerinde işlem yapılabilmesi ve undercutları (derinlik farklarını) belirleme konusunda sınırlı olması gibi dezavantajları bulunmaktadır (149).

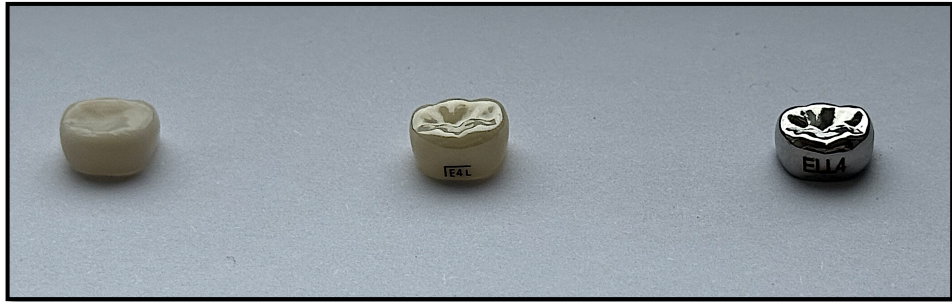
3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Etik Kurul Onayı

Bu *in-vitro* çalışmanın etik kurul onayı Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan alındı (2024/8 sayılı karar). Çalışma Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı ve Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM) laboratuvarlarında gerçekleştirildi. Çalışma, Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 24.DUS.008 nolu proje olarak desteklendi (EK-1).

3.2. Çalışmada Kullanılan Materyaller

Çalışmamızda süt dişlerinin restorasyonlarında uygulanan tam kron restorasyon materyallerinden olan süt dişi için üretilmiş sol alt 4 numaralı (ELL4) paslanmaz çelik kron (PÇK) (NuSmile®, Houston, Texas, ABD), sol alt 4 numaralı (ELL4) pediatrik zirkon kron (PZK) (NuSmile®, Houston, Texas, ABD), eklemeli imalat için %70 nanoseramik içeren, radyoopak, 3 boyutlu (3D) yazıcı rezini (Senertek P CrownV4, İzmir, Türkiye) kullanılarak paslanmaz çelik kron ve pediatrik zirkon kron ile aynı boyutta (ELL4) CAD-CAM sistem ile üretilmiş pediatrik rezin molar kronlar (PRK) kullanılmıştır. Üretici firma tarafından üretimde kullanılan rezin blokların yüzey sertliği ≥ 95 shore D olarak, eğilme dayanımı 460 megapaskal (Mpa), su emilimi <1 mikrogram/milimetre³ ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$), suda çözünmesi $<0,08 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ olarak bildirilmiştir (Şekil-3.1).



Şekil-3.1: Çalışmada kullanılan pediatrik kronlar

Literatüre göre bazı RDA çizelgeleri diş macunlarını, dört farklı aralığa ayırmaktadır: Düşük (0-70); orta (71-100); yüksek aşındırıcı (101-150); oldukça aşındırıcı (151-250) (150). Çalışmada kullanılan çocuk diş macunlarına göre, rölatif dentin aşındırıcılık değeri (RDA=103) yüksek olan diş macunu (Aquafresh Kids Bubble Fresh®, GlaxoSmithKline, İngiltere); rölatif dentin aşındırıcılık değeri (RDA=80) orta olan diş macunu (Crest Cavity Protection Kid's Sparkle Fun®, Procter&Gamble, Cincinnati, Ohio, ABD); rölatif dentin aşındırıcılık değeri (RDA=35) düşük olan diş macunu (Sensodyne Pronamel for Kid's®, GlaxoSmithKline, ABD) olarak gruplandırılmıştır. Kontrol grubu olarak ise herhangi bir diş macunu olmadan yalnızca distile su (Botafarma®,Türkiye) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan çocuk diş macunlarının üreticileri, içerikleri ve RDA değerleri Tablo-3.1’de gösterilmiştir.

Tablo-3.1: Çalışmada kullanılan çocuk diş macunlarının içerikleri, RDA değerleri ve üretici firmaları

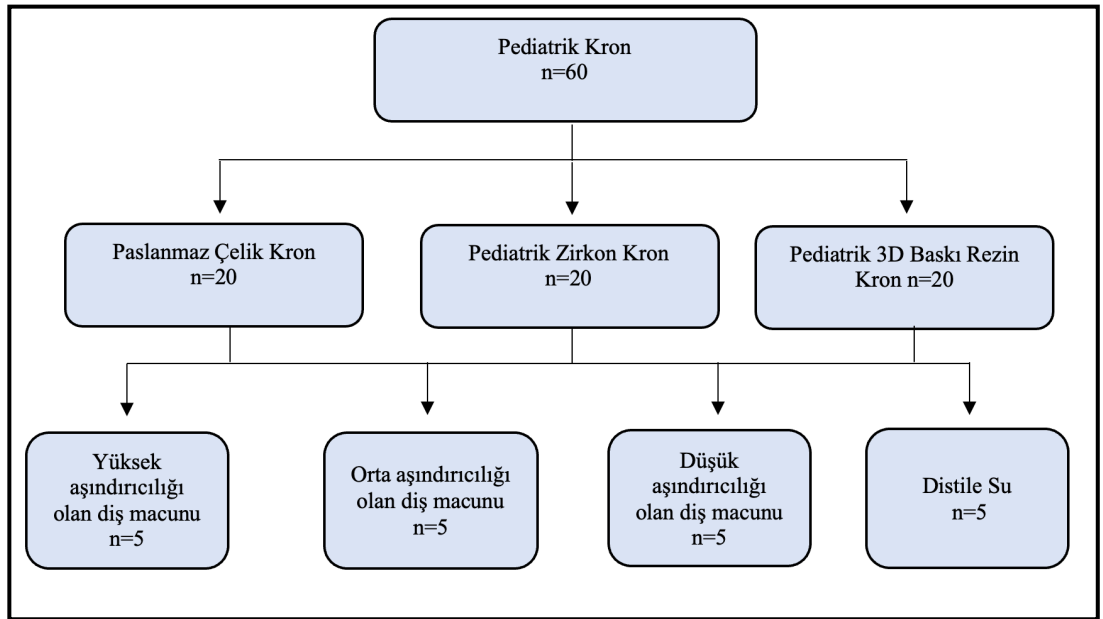
DİŞ MACUNU	İÇERİK	RDA	ÜRETİCİ FİRMA
Aquafresh Kid's Bubble Fresh®	Su, sorbitol, kalsiyum karbonat, hidrate silika, gliserin, PEG-8, aroma, titanyum dioksit, sodyum lauril sülfat, selüloz, sodyum bikarbonat, sodyum sakkarin, kalsiyum karagenan, kırmızı 30, mavi 1, sodyum monoflorofosfat (1500 ppm florür).	103	GlaxoSmithKline, İngiltere.
Crest Cavity Protection Kid's Sparkle Fun®	Su, sorbitol, hidrate silika, sodyum lauril sülfat, trisodyum fosfat, sodyum fosfat, selüloz, aroma, sodyum sakkarin, karbomer, mika, titanyum dioksit, mavi 1, sodyum florid (1500 ppm florür).	80	Procter&Gamble, Cincinnati, Ohio, ABD.
Sensodyne Pronamel for Kid's®	Su, sorbitol, hidrate silika, gliserin, PEG-6, kokamidopropil betain, ksantan, aroma, sodyum sakarin, sukraloz, titanyum dioksit, sodyum hidroksit, limonen, sodyum florür (1450 ppm florür).	35	GlaxoSmithKline, ABD.
Distile Su	%99,9 distile saf su		Botafarma, Türkiye

3.3. Örneklem Büyüklüğü

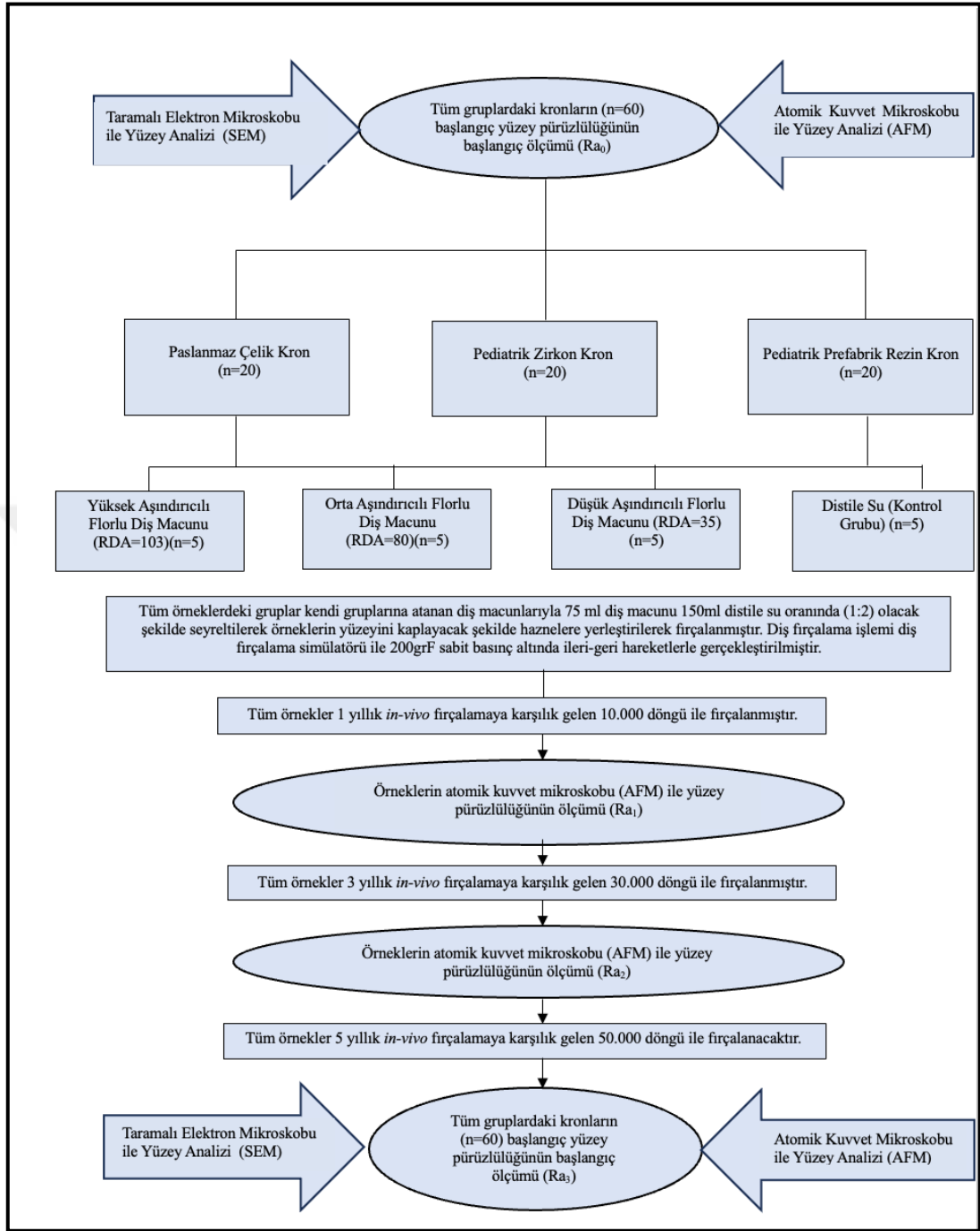
Çalışmanın güç analizi G*Power Versiyon 3.1.9.2. (Franz Faul, Universität Kiel, Germany) yazılım programı kullanılarak yapıldı. Çalışma için, önceden yapılmış benzer bir çalışma referans alınarak (151), %95 güven ($1-\alpha$), %95 test gücü ($1-\beta$), $d=1,2$ etki büyüklüğü ve iki yönlü bağımsız örnekler t testi power analizi sonucuna göre her bir alt gruba 5; her ana gruba en az 20 örnek dahil edilmesi ile toplamda 60 örnek gerektiği bulunmuştur.

3.4. Çalışma Gruplarının Oluşturulması

Çalışmada, eşit boyuttaki 60 adet çeşitli pediatrik kron örneği, fırçalama döngüleri için rastgele üç ana gruba ($n=20$) ayrıldı. Her bir ana gruba üç farklı RDA değerine sahip çocuk diş macunu grupları ve macunsuz fırçalama için kontrol grubu olarak distile su grubu atanarak, kron grupları da macunlara göre dört alt gruba ayrıldı ($n=5$) (Şekil-3.2). Bu alt grupların her biri üç farklı fırçalama döngüleri (10.000, 30.000 ve 50.000 döngü) ile fırçalandı. Bağımlı değişken olan Ra (ortalama yüzey pürüzlülüğü) değerini hesaplamak için ISO 4287 ölçümleri kullanılmıştır. Ra, pürüzlülüğün ortalama çizgiden ortalama mutlak sapmasını temsil etmektedir. Çalışma akış dizaynı Şekil-3.3'teki gibidir.



Şekil-3.2: Çalışma grupları



Şekil-3.3: Çalışma akış dizaynı

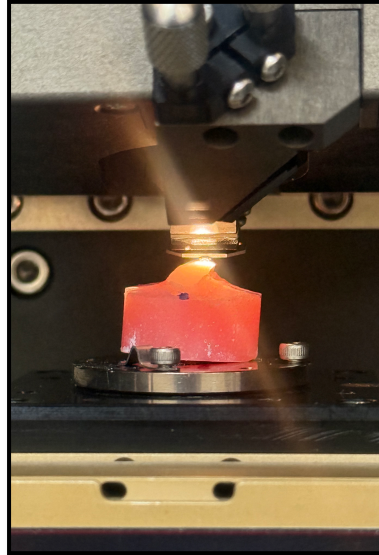
3.5. Örneklerin Hazırlanması

Kron örneklerinin yerleştirileceği akrilik bloklar için 4 santimetre (cm) yüksekliğindeki ve 3 cm çapındaki boyutlarda plastik su boruları yaptırıldı. Daha sonra örnekler, kronların bukkal yüzeyleri üstte olmak şekilde akriliğe gömüldü (Şekil-3.4).

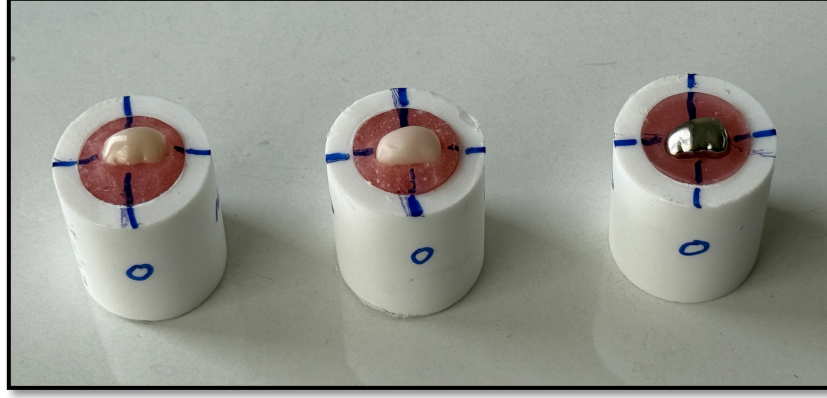


Şekil-3.4: Akrilik blokların hazırlanması

Akrilik blok, 2 cm yüksekliğinde olmak üzere separe ile portatif olarak gerektiğinde iki ayrı bloğa ayrılacak şekilde AFM cihazına yerleştirilebilmesi için uygun boyutlarda hazırlandı (Şekil-3.5).



Şekil-3.5: Akrilik bloğun AFM cihazına yerleşimi



Şekil-3.6: Fırçalama yönünü standardize eden işaretlemeler konulması

Hazırlanan akrilik blokların üzerine fırçalama yönünün standardize olabilmesi için işaretlemeler yapıldı (Şekil-3.6). Testlere başlamadan önce örnekler bir hafta boyunca 37°C distile su içinde etüvde (NUVE EN 55, Esetron, Ankara, Türkiye) bekletildi (Şekil-3.7).



Şekil-3.7: Etüv

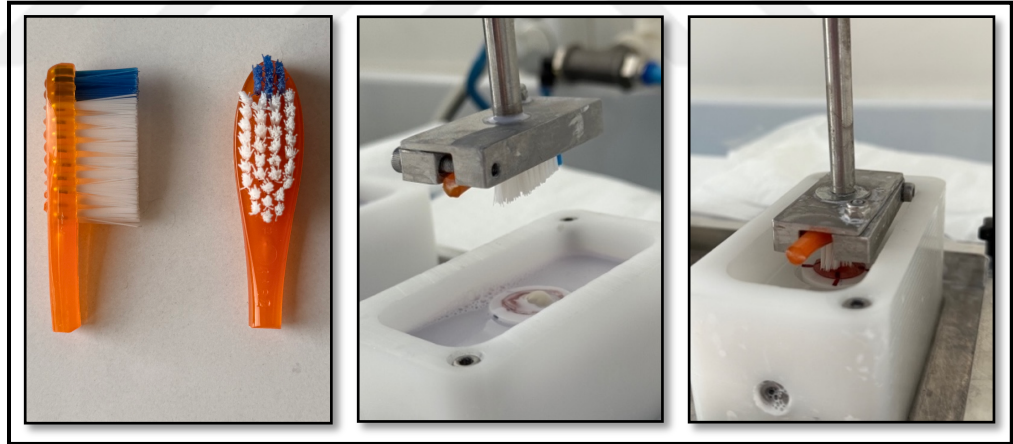
3.6. Örneklerin Fırçalama Simülatöründe Fırçalanması

Fırçalama işlemi için Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarında bulunan altı hazneli fırçalama simülatörü (Esetron MF-100, MOD Dental, Ankara, Türkiye) kullanıldı (Şekil-3.8).



Şekil-3.8: Fırçalama simülatörü

Fırçalamaya başlamadan önce örnekler haznelere yerleştirilip üstlerine yapılan işaretlemelere uygun pozisyon ve yükseklik ayarı yapıldıktan sonra sabitlendi. Makinenin fırça tutucularına çocuk hastayı simüle edebilmek adına fırça kıl yapısı yumuşak olan bir diş fırçası (Signal Junior, Unilever, Almanya) bağlandı Tüm fırça tutuculardaki fırça kılları x ve y eksenindeki uygun konumda akrilik bloklara gömülen kron örneklerinin bukkal yüzeyine temas edecek şekilde ayarlandı (Şekil-3.9).



Şekil-3.9: Çalışmada kullanılan diş fırçası ve fırçalama simülatöründe fırçanın örnekler üzerindeki konumu

Fırçalar başlangıç pozisyonlarına getirilerek deney parametreleri girildi. Cihazın yazılımında bulunan düz eksenlerde (ileri-geri yönde hareket) modu tercih edildi. İleri-geri yönde; hareket mesafesi 10 mm ve hareket hızı 30 milimetre/saniye (mm/sn) olarak seçildi (Şekil-3.10).

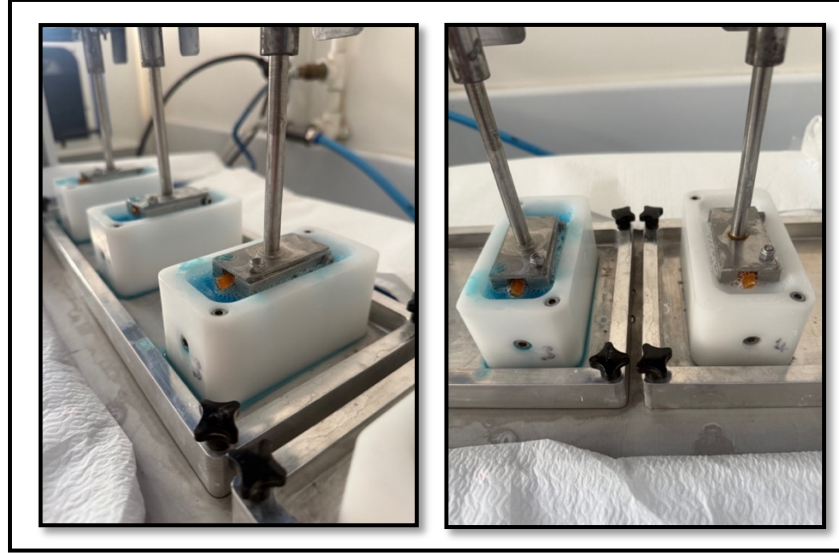


Şekil-3.10: Fırçalama simülatörü parametrelerinin belirlenmesi

İlgili örnek kron gruplarına atanan diş macunları grupları; 75 gr diş macunu, 150 ml distile su ile seyreltilerek elde edilen karışım, örneklerin yüzeylerini kaplayacak şekilde haznelere yerleştirildi. Bu amaçla, AF grubu için RDA'sı 103 olmak üzere yüksek aşındırıcılık değerine sahip çocuk diş macunu (Aquafresh Kid's Bubble Fresh®, GlaxoSmithKline, İngiltere); CK grubu için RDA'sı 80 olmak üzere orta aşındırıcılık değerine sahip çocuk diş macunu (Crest Cavity Protection Kid's Sparkle Fun® Procter&Gamble, Cincinnati, Ohio, ABD); SP grubu için RDA'sı 35 olmak üzere düşük aşındırıcılık değerine sahip çocuk diş macunu (Sensodyne Pronamel for Kid's®, GlaxoSmithKline, ABD); kontrol grubu olarak da yalnızca distile su (Botafarma®, Türkiye) tercih edilmiştir (Şekil-3.11).



Şekil-3.11: Çalışmada kullanılan diş macunları



Şekil-3.12: Kron örneklerinin fırçalanması

Diş fırçalama döngüleri 200 gramkuvvet (grF) sabit basınç altında gerçekleştirildi. Literatüre göre fırçalama simülatörlerinde uygulanan 10.000 döngünün yaklaşık 1 yıllık diş fırçalama sürecine eşdeğer olduğu belirtilmektedir (152). Bu referans göz önünde bulundurularak her bir örnek grubu atandıkları macun grupları ve distile su grubu ile 10.000 (1 yıl), 30.000 (3 yıl) ve 50.000 (5 yıl) döngülerde fırçalandı (Şekil-3.12). Her 5000 döngü sonunda diş fırçaları ve diş macunu solüsyonları yenilendi. 10.000 (1 yıl), 30.000 (3 yıl) ve 50.000 (5 yıl) fırçalama döngülerinin ayrı ayrı yapılması sonrasında tüm örnekler distile su ile durulanıp üzerindeki macun artıklarından arındırmak amacıyla ultrasonik temizleyicide 5 dakika (dk) tutulup etüvde kurutulduktan sonra yüzey pürüzlülüğü ölçümleri AFM ve SEM cihazı ile gerçekleştirildi (Şekil-3.13).



Şekil-3.13: Macun artıklarından arındırılması için ultrasonik cihazda 5 dk bekletilmesi

3.7. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümlerinin Yapılması

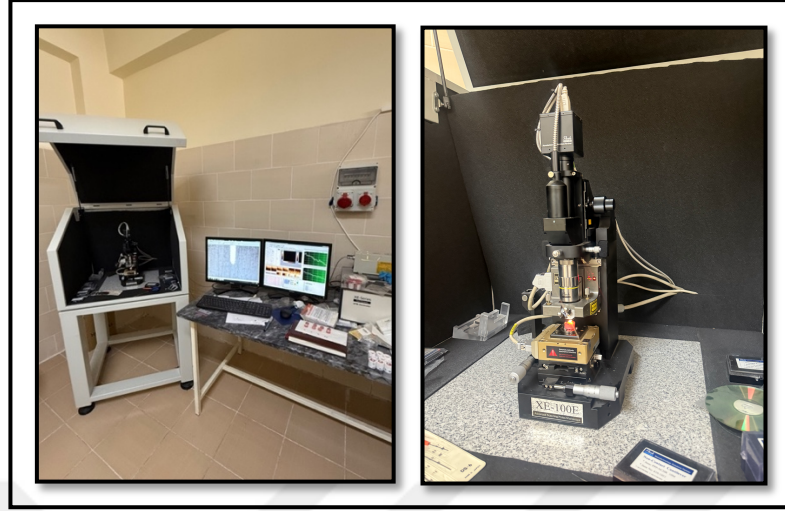
Hazırlanan örneklerin yüzey pürüzlülüğü ölçümleri (SEM ve AFM ölçümleri), Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi bünyesinde bulunan kontakt modda AFM cihazı (Park XE-100E, Parksystem, Kore) ve SEM cihazı (LEO 1430 VP, Almanya) ile gerçekleştirildi. Testlere başlamadan önce örnekler cihazların ölçüm plakası üzerinde tutarlı bir noktaya yerleştirilerek başlangıç ölçümleri yapıldı. Başlangıç aşamasındaki yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, örnekler 24 saat süreyle distile su içerisinde etüvde bekletildikten sonra gerçekleştirildi. Testlere başlamadan önce örnekler ultrasonik temizlemeye tabi tutuldu. Her gruba ait örnekler her ölçüm öncesi hava su spreyi ile düşük basınçta 10-15 saniye (s) kurutuldu ve ardından ölçüm yüzeylerindeki nemi elimine etmek için etüv içinde kuru ortamda yaklaşık 30 dk bekletildikten sonra ölçüm aşamasına geçildi. Bu işlem tüm ölçümler öncesi tekrarlandı.

SEM cihazı, yalnızca başlangıç ve sonuç yüzey pürüzlülüğü ölçümü için kullanılırken; AFM cihazı, başlangıç ve sonuç yüzey pürüzlülüğünün yanı sıra yapılan tüm ara testler sonucundaki ölçümler için kullanıldı.

3.8. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) Analizi

Örneklerin AFM analizi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi bünyesinde bulunan AFM cihazı (Park XE-100E, Parksystem, Kore) ile gerçekleştirildi. Görüntüleme işleminde nominal kuvvet sabiti 0,2 N/m ve rezonans frekansı 23 kHz olan Nanosensors PPP-CONTSCR 10M (Parksystems, Kore) probları kullanılmıştır. Prob kantileverı 225 μm uzunluğunda, 1 μm kalınlığında ve ortalama 48 μm genişliğindedir; temas modu için arka yüzeyi alüminyum (Al) yansıtıcı kaplamalıdır. Bu çok ince esnek silikon kantilever uç ile yüzeyin topoğrafik haritası için 45x45 mikrometrekarelik (μm^2) alan 0,27-0,38 hertz'lik hızda kontakt modda taranarak 256x256 piksel çözünürlüğündeki görüntüleri üç boyutlu olarak kaydedildi. 45x45 μm^2 'lik alanlar taranarak elde edilen verilerin yüzey pürüzlülüğü değerleri (R_a , nanometre [nm]), çizgisel ölçümler yapılarak R_a değerleri kaydedildi ve aritmetik ortalaması alındı. AFM cihazı; başlangıç, sonuç ve yapılan tüm ara döngüler

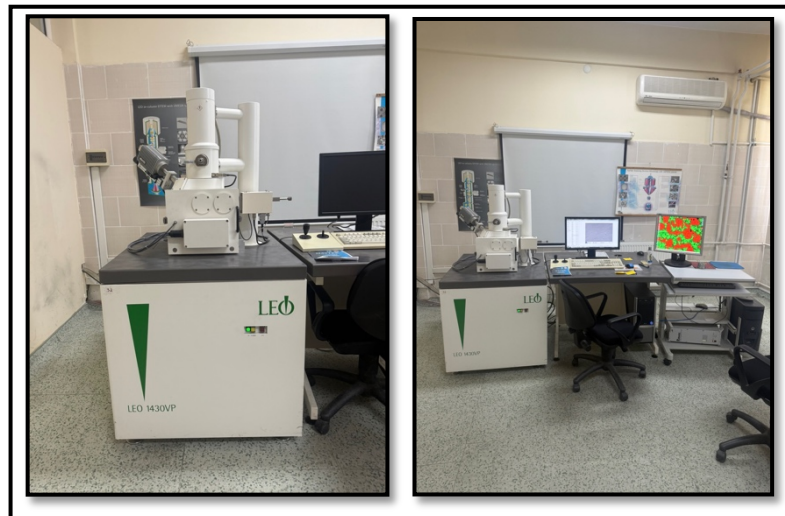
sonrası yüzey pürüzlülüğü için kullanıldı. Şekil-3.14’de örneklerin ölçümünün yapıldığı AFM cihazı görülmektedir.



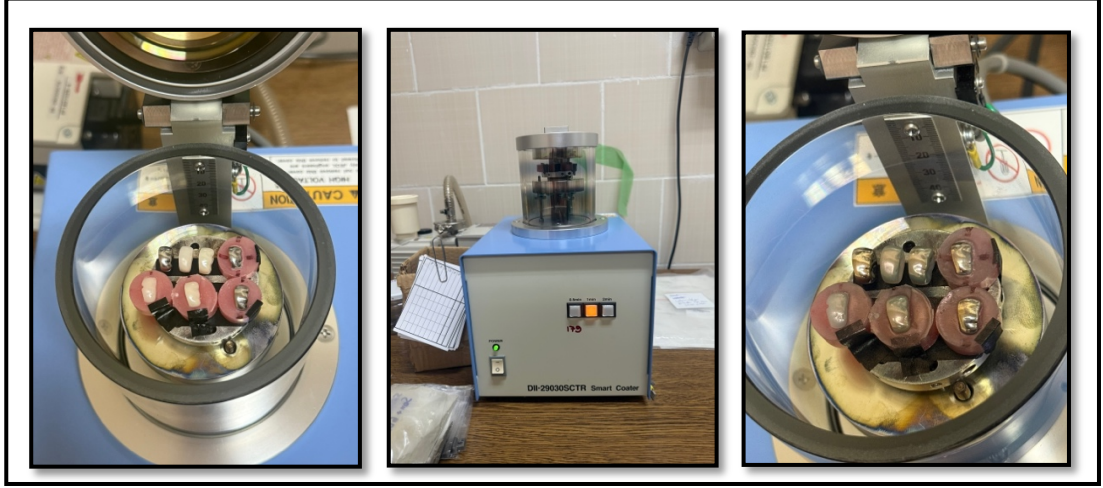
Şekil-3.14: Atomik kuvvet mikroskobu

3.9. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

Tüm alt gruplardan rastgele birer adet örneğin SEM görüntülemeleri, Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi bünyesinde bulunan SEM cihazı (LEO 1430 VP, Almanya) ile gerçekleştirildi (Şekil-3.15). SEM cihazı yalnızca başlangıç ve 50.000 döngü fırçalama sonrası olan sonuç yüzey pürüzlülüğü görüntülemesinde kullanıldı. SEM analizlerinden önce, numuneler yaklaşık 5–15 nm kalınlığında, %80 altın ve %20 paladyum içeren iletken bir kaplama ile, (Jeol Smart Coater, ABD) model kaplama cihazı kullanılarak kaplanmıştır (Şekil-3.16).



Şekil-3.15: Taramalı elektron mikroskobu



Şekil-3.16: Kron örneklerinin üzerinin iletken kaplanması için model kaplama cihazının kullanılması

Yüzey morfolojisinin incelenmesi amacıyla gerçekleştirilen görüntüleme işlemleri, düşük vakum koşullarında, 20 kilovolt-amper (kVA) hızlandırıcı voltaj ve 22 mm çalışma mesafesi kullanılarak yürütülmüştür. Analizler sırasında 45x, 1000x ve 2500x büyütme oranları tercih edilmiştir.

Her iki cihazdan da elde edilen görüntüler, materyallerin yüzey pürüzlülüğü ve yapısal değişikliklerini doğrulamak amacıyla kullanılmıştır.

3.10. İstatistiksel Değerlendirme

Veriler R programında WRS2 paketi kullanılarak analiz edildi. Normal dağılıma uygunluk Shapiro-Wilk testi ile incelendi. Materyal, diş macunu ve döngü sayısına göre normal dağılıma uymayan Ra değerlerinin karşılaştırılmasında üç yönlü Robust ANOVA yöntemi kullanıldı. İkili karşılaştırmalar Bonferroni düzeltmesi ile yapıldı. Analiz sonuçları budanmış ortalama $\pm$ standart hata şeklinde sunuldu. Önem düzeyi $p < 0,05$ olarak alındı.

4. BULGULAR

Bu in vitro çalışmada; PÇK, PZK ve üç boyutlu baskı yöntemiyle üretilmiş PRK örnekleri, farklı RDA değerlerine sahip çocuk diş macunları ve distile su ile 10.000, 30.000 ve 50.000 sayısındaki döngülerle fırçalama simülatöründe fırçalanmıştır. Her kronun yüzey pürüzlülüğündeki değişim hem sayısal hem de görsel analizlerle incelenmiştir.

Çalışmamızdan elde edilen bulgular aşağıdaki başlıklar altında değerlendirildi:

1. AFM ile yüzey analizi sonucu sayısal olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinin (Ra) değerlendirilmesi
2. AFM ile yüzey topografik haritalandırması değerlendirilmesi
3. SEM ile yüzey morfolojisi değerlendirmesi

4.1. Yüzey Pürüzlülüğü Değerlerinin Sayısal Analiz Bulguları

Kron, diş macunu ve döngü sayısına göre normal dağılıma uymayan Ra ortalama pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılmasında üç yönlü robust ANOVA yöntemi kullanıldı ve bulgular Tablo-4.1’de gösterildi.

Tablo-4.1: Kron, diş macunu ve döngü sayısına göre Ra değerlerinin karşılaştırılması

	Q	p
Kron	5022,32	<0,001
Diş Macunu	253,24	<0,001
Döngü sayısı	1586,01	0,001
Kron*Diş Macunu	248,22	0,001
Kron*Döngü sayısı	244,02	0,001
Diş Macunu*Döngü sayısı	178,13	0,001
Kron*Diş Macunu*Döngü sayısı	328,68	0,001

Q: Robust ANOVA Test İstatistiği, p: Anlamlılık değeri

Robust ANOVA testi sonuçlarına göre; yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri üzerinde kron türü (Q=5022,32; p<0,001), diş macunu tipi (Q=253,24; p<0,001) ve fırçalama döngü sayısı (Q=1586,01; p=0,001) değişkenlerinin her birinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kron ve diş macunu etkileşimi (Q=248,22; p=0,001), kron ve döngü sayısı etkileşimi (Q=244,02; p=0,001), diş macunu ve döngü sayısı etkileşimi (Q=178,13; p=0,001) ile birlikte kron diş macunu döngü sayısı üçlü etkileşimi (Q=328,68; p=0,001) de anlamlı bulunmuştur.

Kron, diş macunu ve döngü sayısına göre Ra ortalama pürüzlülük değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri ve çoklu karşılaştırma analiz sonuçları budanmış ortalama $\pm$ standart hata şeklinde Tablo-4.2’de gösterildi.

Tablo-4.2: Kron, diş macunu ve döngü sayısına göre Ra ortalama pürüzlülük değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri ve çoklu karşılaştırma sonuçları

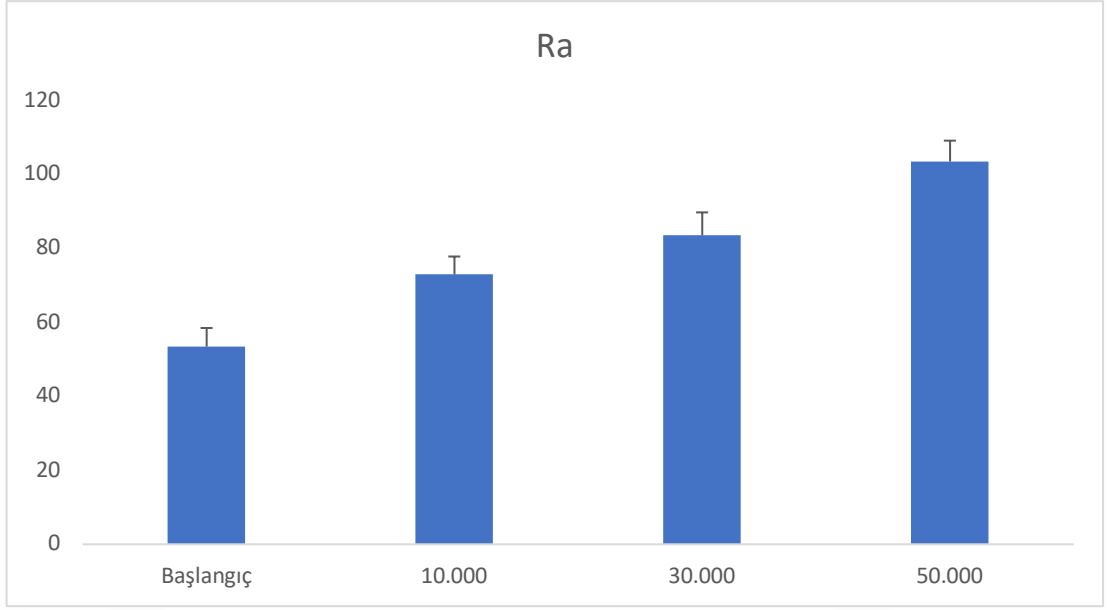
Kron	Diş Macunu	Döngü Sayısı				Toplam
		Başlangıç	10.000	30.000	50.000	
PÇK	AF	25,9 $\pm$ 1,35 ^{AB}	64 $\pm$ 1,52 ^{CDE}	50,8 $\pm$ 1,93 ^{FGHI}	66,6 $\pm$ 1,75 ^{CDJ}	52,5 $\pm$ 2,94 ^A
	CK	25,9 $\pm$ 1,35 ^{AB}	48 $\pm$ 1,71 ^{FGH}	38,5 $\pm$ 0,95 ^K	89,6 $\pm$ 1,4 ^L	49,8 $\pm$ 4,27 ^A
	SP	25,9 $\pm$ 1,35 ^{AB}	58,6 $\pm$ 1,18 ^{CEI}	68,5 $\pm$ 4,33 ^{CDEFIJLM}	75,9 $\pm$ 6,8 ^{CDEFGHIJLM}	56,6 $\pm$ 3,61 ^A
	Kontrol	25,9 $\pm$ 1,35 ^{AB}	50,2 $\pm$ 1,96 ^{FGHI}	45,2 $\pm$ 0,85 ^G	77,5 $\pm$ 2,19 ^{JM}	49,3 $\pm$ 3,31 ^A
	Toplam	25,8 $\pm$ 0,65 ^A	55,2 $\pm$ 1,28 ^B	49,9 $\pm$ 2,22 ^B	77,3 $\pm$ 2,03 ^C	51,7 $\pm$ 1,79 ^a
PRK	AF	124,9 $\pm$ 3,45 ^N	140,6 $\pm$ 6,9 ^{NOP}	198,6 $\pm$ 7,45 ^Q	222,1 $\pm$ 2,21 ^Q	171,7 $\pm$ 7,54 ^B
	CK	124,9 $\pm$ 3,45 ^N	162,6 $\pm$ 13,03 ^{NOPQ}	198,2 $\pm$ 11,66 ^{OQ}	200,1 $\pm$ 11,96 ^{OQ}	168 $\pm$ 6,09 ^B
	SP	124,9 $\pm$ 3,45 ^N	136,7 $\pm$ 6,89 ^{NP}	143,2 $\pm$ 6,4 ^{NOP}	151,7 $\pm$ 6,52 ^{NOP}	137,8 $\pm$ 2,98 ^C
	Kontrol	124,9 $\pm$ 3,45 ^N	132,6 $\pm$ 2,91 ^{NP}	146,4 $\pm$ 2,74 ^{OP}	147,4 $\pm$ 8,2 ^{NOP}	136,4 $\pm$ 2,12 ^C
	Toplam	124,9 $\pm$ 1,66 ^D	140,8 $\pm$ 3,83 ^E	169,4 $\pm$ 5,15 ^F	178,8 $\pm$ 6,08 ^F	152,5 $\pm$ 2,96 ^b
PZK	AF	16 $\pm$ 0,8 ^R	51,3 $\pm$ 1,33 ^{FGHI}	52,6 $\pm$ 5,94 ^{ABCDEFGHJKLMST}	70,9 $\pm$ 1,24 ^{DJ}	48,2 $\pm$ 3,82 ^A
	CK	16 $\pm$ 0,8 ^R	22,5 $\pm$ 1,12 ^{AU}	49,2 $\pm$ 3,14 ^{EFGHKS}	81,8 $\pm$ 1,53 ^{LM}	41,4 $\pm$ 4,61 ^{AD}
	SP	16 $\pm$ 0,8 ^R	27,4 $\pm$ 0,6 ^{AB}	33,3 $\pm$ 0,81 ST	55 $\pm$ 0,68 ^{FHI}	32,7 $\pm$ 2,51 ^D
	Kontrol	16 $\pm$ 0,8 ^R	18,3 $\pm$ 0,62 ^{RU}	30,2 $\pm$ 1,27 ^{BT}	46,6 $\pm$ 1,97 ^{GHIK}	27,1 $\pm$ 2,19 ^D
	Toplam	16 $\pm$ 0,38 ^G	29,2 $\pm$ 2,27 ^A	40,5 $\pm$ 2,33 ^H	63,4 $\pm$ 2,45 ^I	36,6 $\pm$ 1,79 ^c
Toplam	AF	54,2 $\pm$ 10,19 ^A	83,3 $\pm$ 8,13 ^{AB}	98,8 $\pm$ 14,62 ^{AB}	118,2 $\pm$ 14,95 ^{AB}	87 $\pm$ 6,52
	CK	54,2 $\pm$ 10,19 ^A	74,4 $\pm$ 12,87 ^{AB}	90,6 $\pm$ 14,21 ^{AB}	119,4 $\pm$ 10,21 ^B	84 $\pm$ 6,34
	SP	54,2 $\pm$ 10,19 ^A	72,3 $\pm$ 9,48 ^{AB}	79,8 $\pm$ 9,42 ^{AB}	92 $\pm$ 8,67 ^{AB}	74,4 $\pm$ 4,75
	Kontrol	54,2 $\pm$ 10,19 ^A	66,1 $\pm$ 9,99 ^A	72,5 $\pm$ 10,61 ^{AB}	88,6 $\pm$ 9,05 ^{AB}	69,7 $\pm$ 4,91
	Toplam	53,4 $\pm$ 5,03 ^a	72,9 $\pm$ 4,84 ^b	83,5 $\pm$ 6,16 ^b	103,4 $\pm$ 5,64 ^c	

Budanmış Ortalama $\pm$ Standart Hata; ^{a-c}: Aynı harfe sahip ana etkiler arasında bir fark yoktur; ^{A-U}: Aynı harfe sahip etkileşim grupları arasında bir fark yoktur (Budama oranı %5 alınmıştır).

Kron ana etkisi Ra ortalama pürüzlülük değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$). PÇK grubunda elde edilen ortalama Ra değeri $51,7 \pm 1,79$, PRK grubunda elde edilen ortalama Ra değeri, $152,5 \pm 2,96$ ve PZK grubunda ortalama Ra değeri, $36,6 \pm 1,79$ olarak elde edilmiştir. Burada tüm kronlarda elde edilen Ra ortalama pürüzlülük değerleri birbirinden farklılık göstermiştir.

Diş macunu ana etkisi, Ra ortalama pürüzlülük değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$). AF grubu diş macunuyla fırçalanan gruplarda elde edilen Ra ortalama değeri $87 \pm 6,52$, CK grubu diş macunuyla fırçalanan gruplarda elde edilen Ra ortalama pürüzlülük değeri $84 \pm 6,34$, SP grubu diş macunuyla fırçalanan gruplarda $74,4 \pm 4,75$ ve distile suyla (kontrol grubu) fırçalanan gruplarda bu değer $69,7 \pm 4,91$ olarak elde edilmiştir. Burada ikili karşılaştırmalar sonucunda diş macunlarında Ra ortalama pürüzlülük değerleri arasında bir farklılık olmadığı görülmüştür.

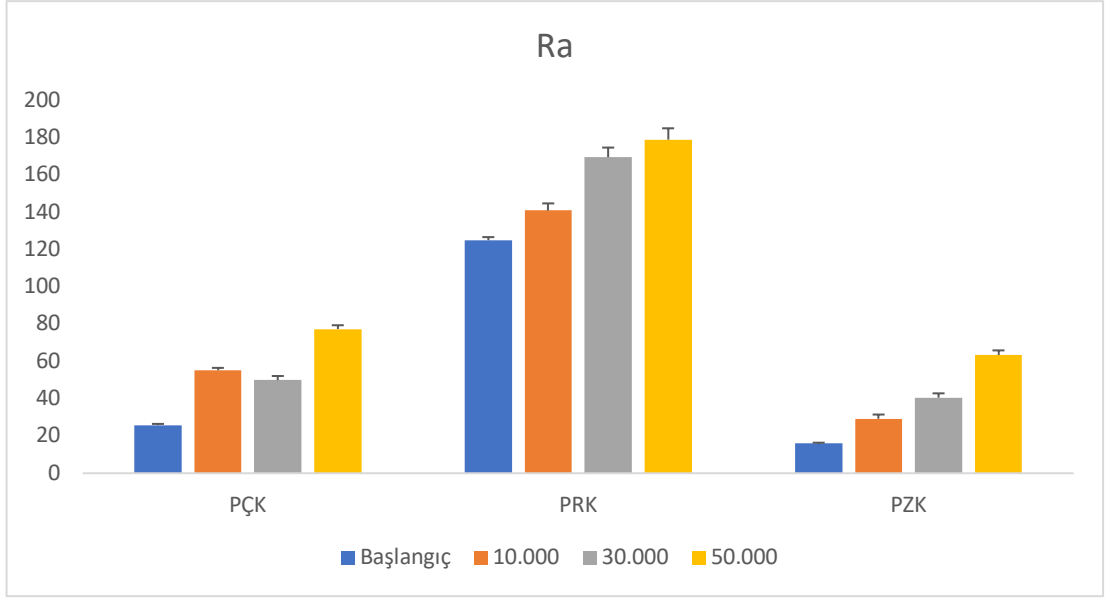
Döngü sayısı ana etkisi, Ra ortalama pürüzlülük değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,001$). Başlangıçta elde edilen Ra ortalama pürüzlülük değeri 53,4, 10.000 döngü zamanında $72,9 \pm 4,84$, 30.000 döngü zamanında $83,5 \pm 6,16$ ve 50.000 döngü zamanında bu değer $103,4 \pm 5,64$ olarak elde edilmiştir. Burada 50.000 zamanında elde edilen değer diğer döngülerden farklılık göstermiştir. 10.000 ve 30.000 döngü fırçalamada elde edilen Ra ortalama pürüzlülük değerleri birbirinden farklılık göstermemiştir (Şekil-4.1).



Şekil-4.1: Döngü sayısı ana etkisi grafiği

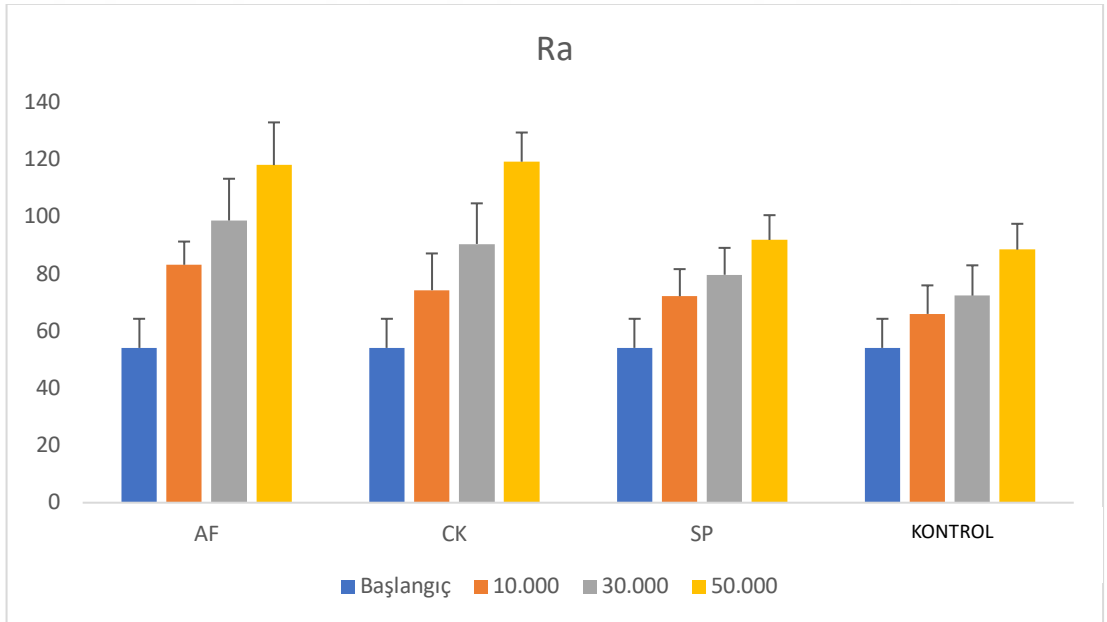
Kron*diş macunu etkileşimi Ra ortalama pürüzlülük değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,001$). Burada en yüksek Ra ortalama pürüzlülük değeri 171,7 ile PRK grubu kronların AF grubu diş macunuyla fırçalanması sonucu elde edilmişken, en düşük Ra ortalama pürüzlülük değeri 27,1 ile PZK grubu kronların distile su grubu (kontrol grubu) ile fırçalanması sonucu elde edilmiştir.

Kron*döngü sayısı etkileşimi Ra ortalama pürüzlülük değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,001$). Burada elde edilen en yüksek Ra değeri $178,8 \pm 6,08$ ile PRK grubu kronlarda 50.000 döngü fırçalanması sonucu elde edilmişken, en düşük Ra değeri $16 \pm 0,38$ ile PZK grubu kronların başlangıç ölçümlerinde elde edilmiştir (Şekil-4.2).



Şekil-4.2: Kron-döngü sayısı etkileşimi grafiği

Diş macunu*döngü sayısı etkileşimi Ra değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,001$). Burada elde edilen en yüksek Ra ortalama pürüzlülük değeri $119,4 \pm 10,21$ ile CK grubu diş macunu ile 50.000 döngü ile fırçalanması sonucunda elde edilmiştir (Şekil-4.3).



Şekil-4.3: Diş macunu-döngü sayısı etkileşim grafiği

Kron*diş macunu*döngü sayısı etkileşimi Ra ortalama pürüzlülük değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,001$). Burada elde edilen en yüksek Ra ortalama pürüzlülük değeri $222,1 \pm 2,21$ ile PRK grubunda, AF grubu diş macunu ile 50.000 döngü sayısında fırçalanması sonucu elde edilmiştir. En düşük Ra ortalama pürüzlülük değeri ise $16 \pm 0,38$ ile PZK grubunun başlangıç ölçümlerinde elde edilmiştir.

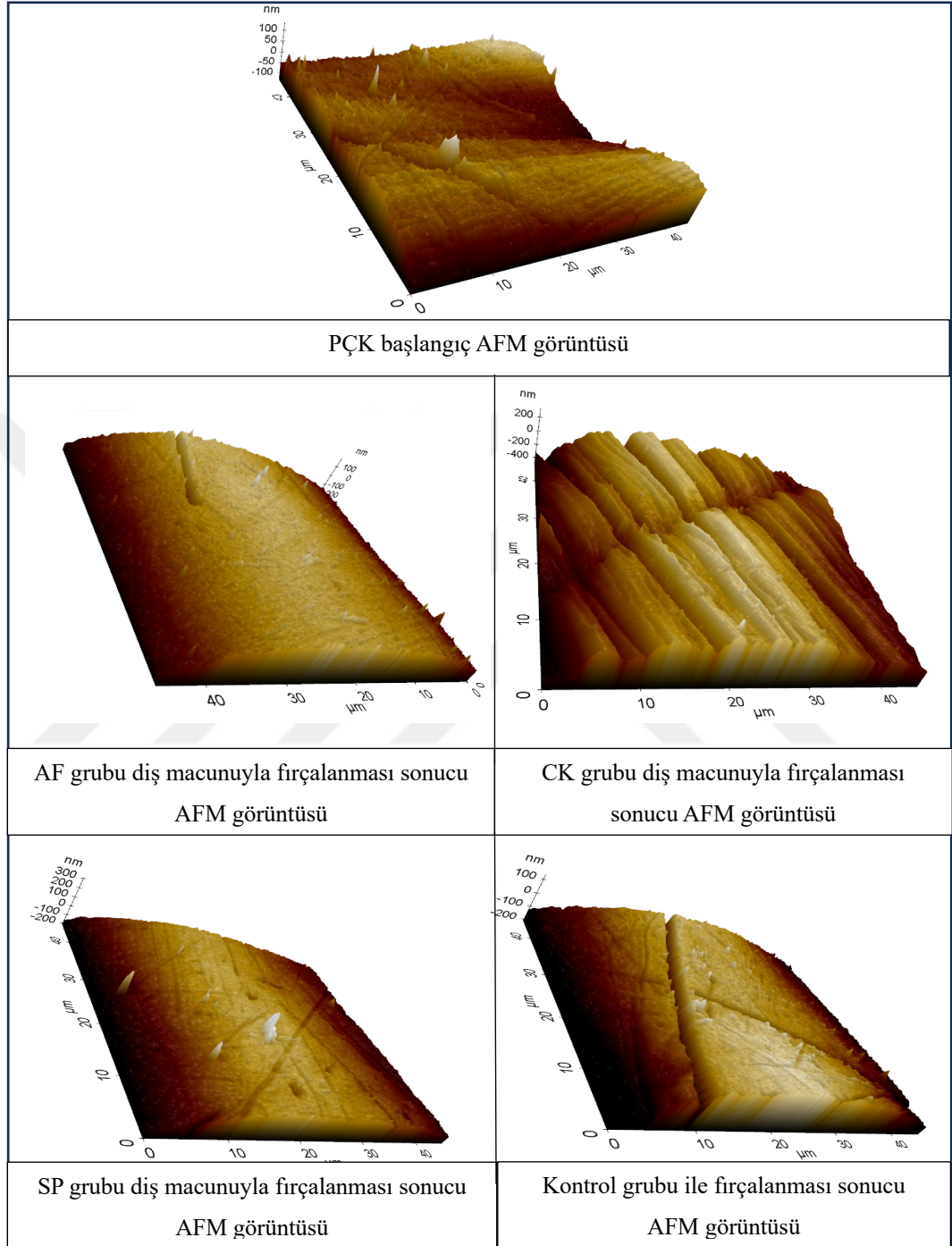
4.2. AFM Analizi Yüzey Topografik Haritalandırmasına Ait Bulgular

AFM ile elde edilen topografik görüntüler, bu farklılıkları hem görsel hem de sayısal olarak ortaya koymuştur. AFM ile yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi amacıyla, tüm materyallerin başlangıç durumları ve farklı RDA değerlerine sahip diş macunlarıyla 10.000, 30.000 ve 50.000 döngü fırçalama sonrasındaki yüzey topografyaları, üç boyutlu yüksek çözünürlüklü taramalarla elde edilmiştir. AFM analizleri, yüzeyin mikron ve nanometre düzeyindeki pürüzlülüğünü doğrudan ölçerek Ra ortalama pürüzlülük değerlerinin hesaplanmasına olanak tanımıştır.

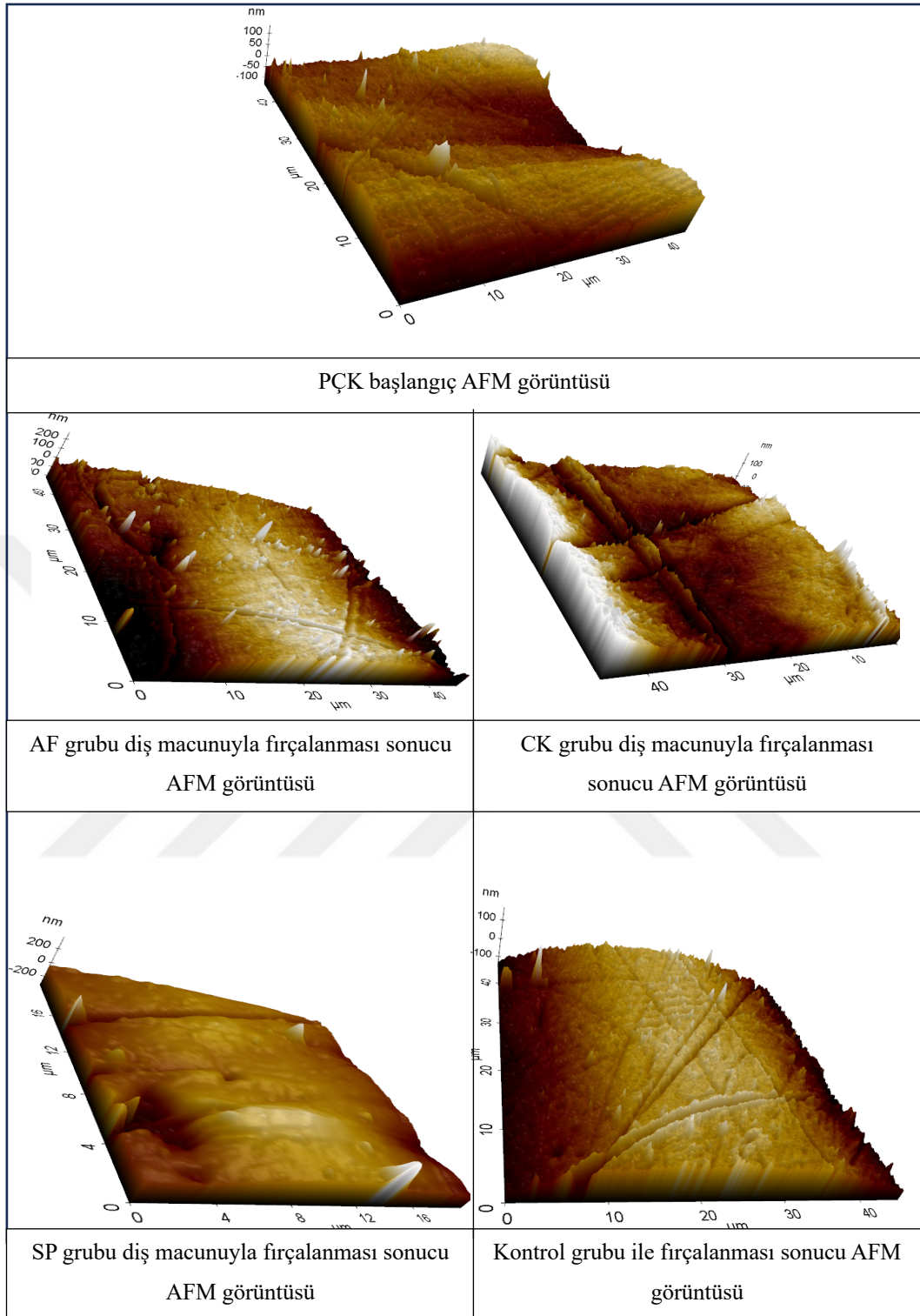
Fırçalama işlemi sonrası, tüm gruplarda yüzeyde dalgalanmalar, mikro çukurlar ve düzensizlikler tespit edilmiştir. Özellikle yüksek RDA değerine sahip diş macunlarıyla fırçalanmış örneklerde, yüzey topografyasında daha belirgin yükseklik farkları ve yoğun çizikler görülmüştür. PÇK ve PZK grupları, materyal sertliklerinin yüksek olması nedeniyle, daha düzgün ve homojen yüzey özelliklerini büyük ölçüde korurken; PRK grubu, organik matrisin daha kolay aşınabilir yapısı nedeniyle ciddi pürüzlülük artışı, çukur oluşumu ve partikül yer değişimi göstermiştir.

Her bir gruptan alınan AFM görüntüleri incelendiğinde; farklı yüzey topografik haritalandırması sahip oldukları görülmektedir. AFM analizi sonucunda elde edilen görüntüler Şekil-4.4, Şekil-4.5, Şekil-4.6, Şekil-4.7, Şekil-4.8, Şekil-4.9, Şekil-4.10, Şekil-4.11 ve Şekil-4.12’de gösterilmiştir.

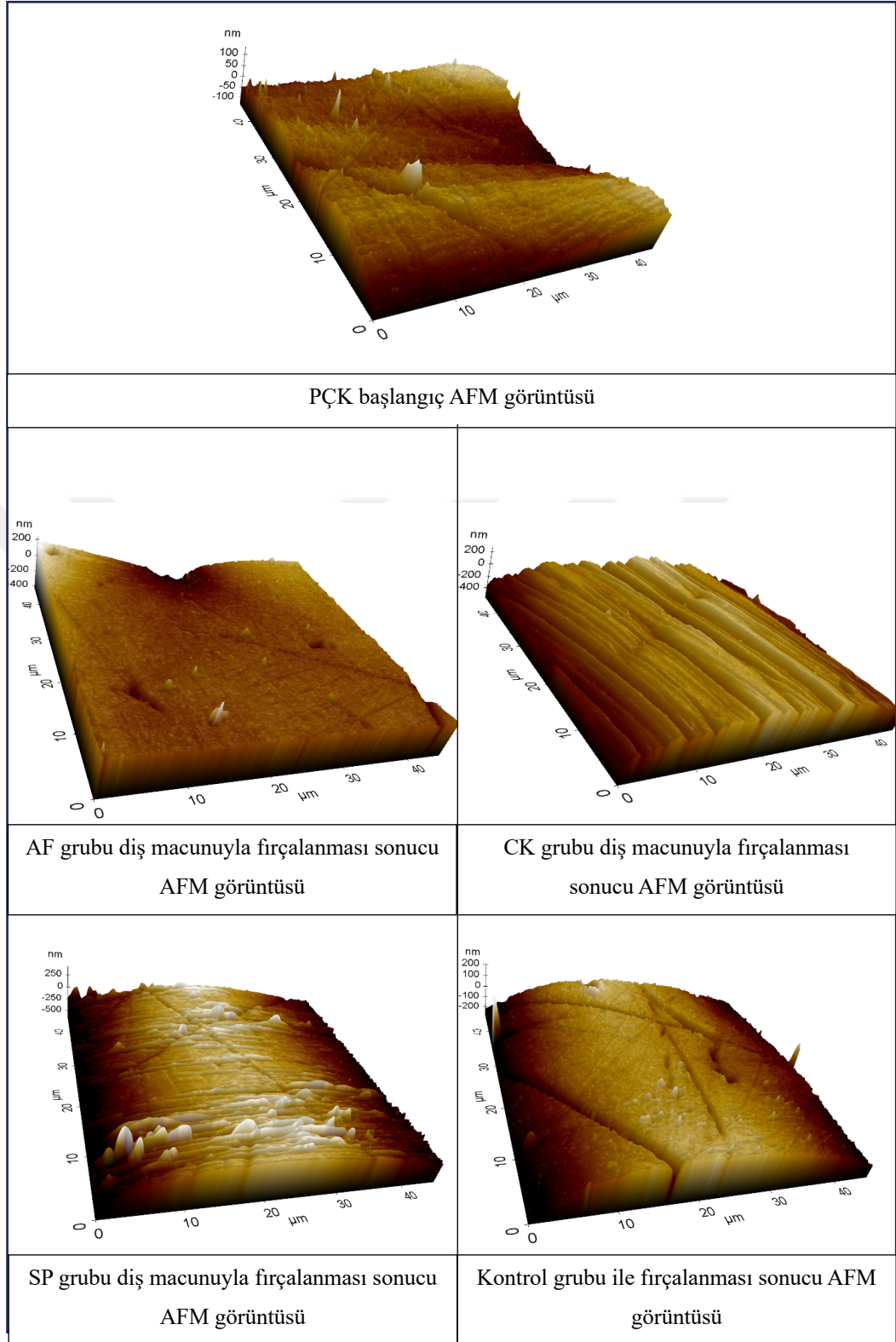
4.2.1. PÇK grubuna ait AFM görüntüleri



Şekil-4.4: PÇK grubunun farklı diş macunu gruplarıyla 10.000 döngü fırçalanması sonucu AFM görüntüleri

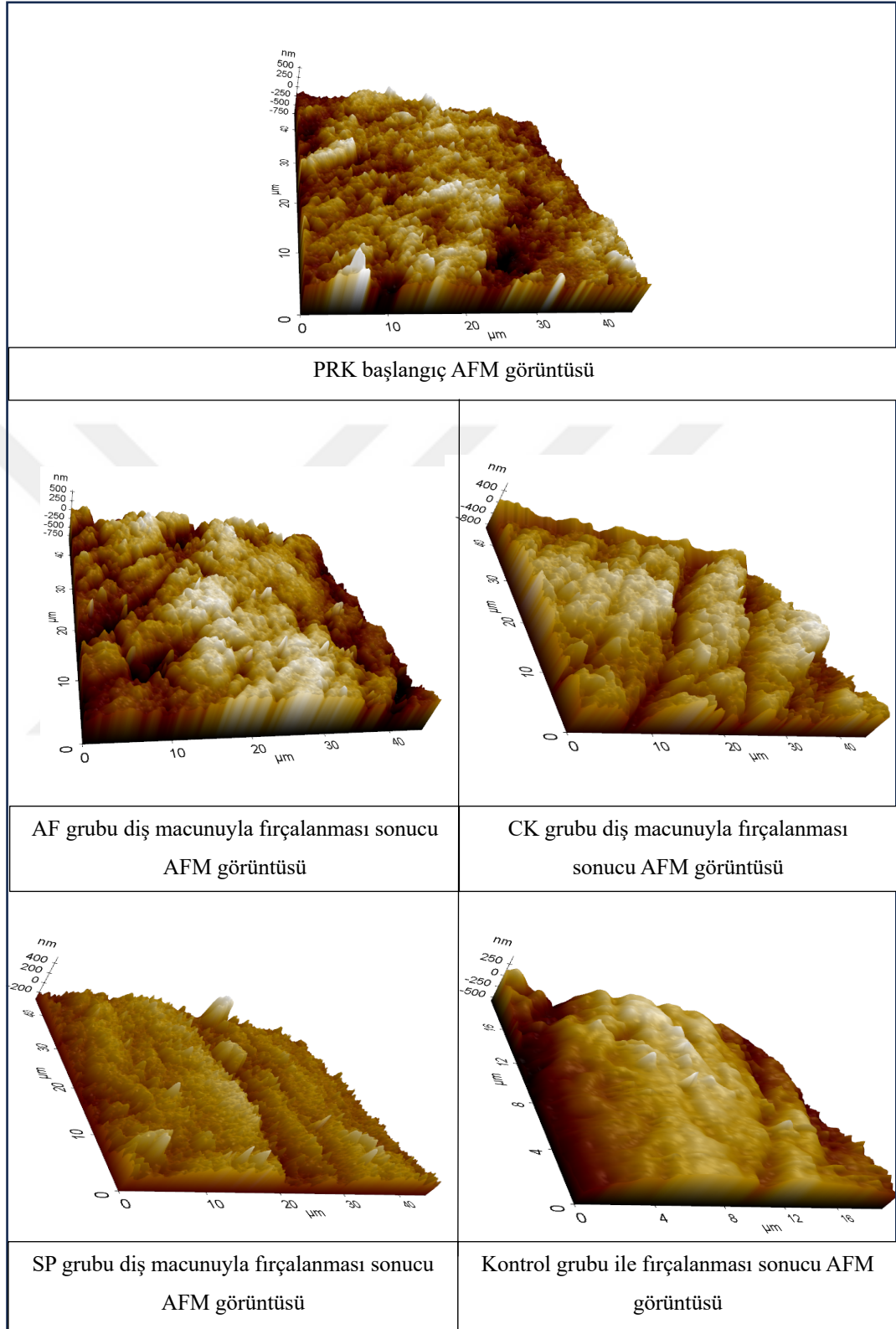


Şekil-4.5: PÇK grubunun farklı diş macunu gruplarıyla 30.000 döngü fırçalanması sonucu AFM görüntüleri

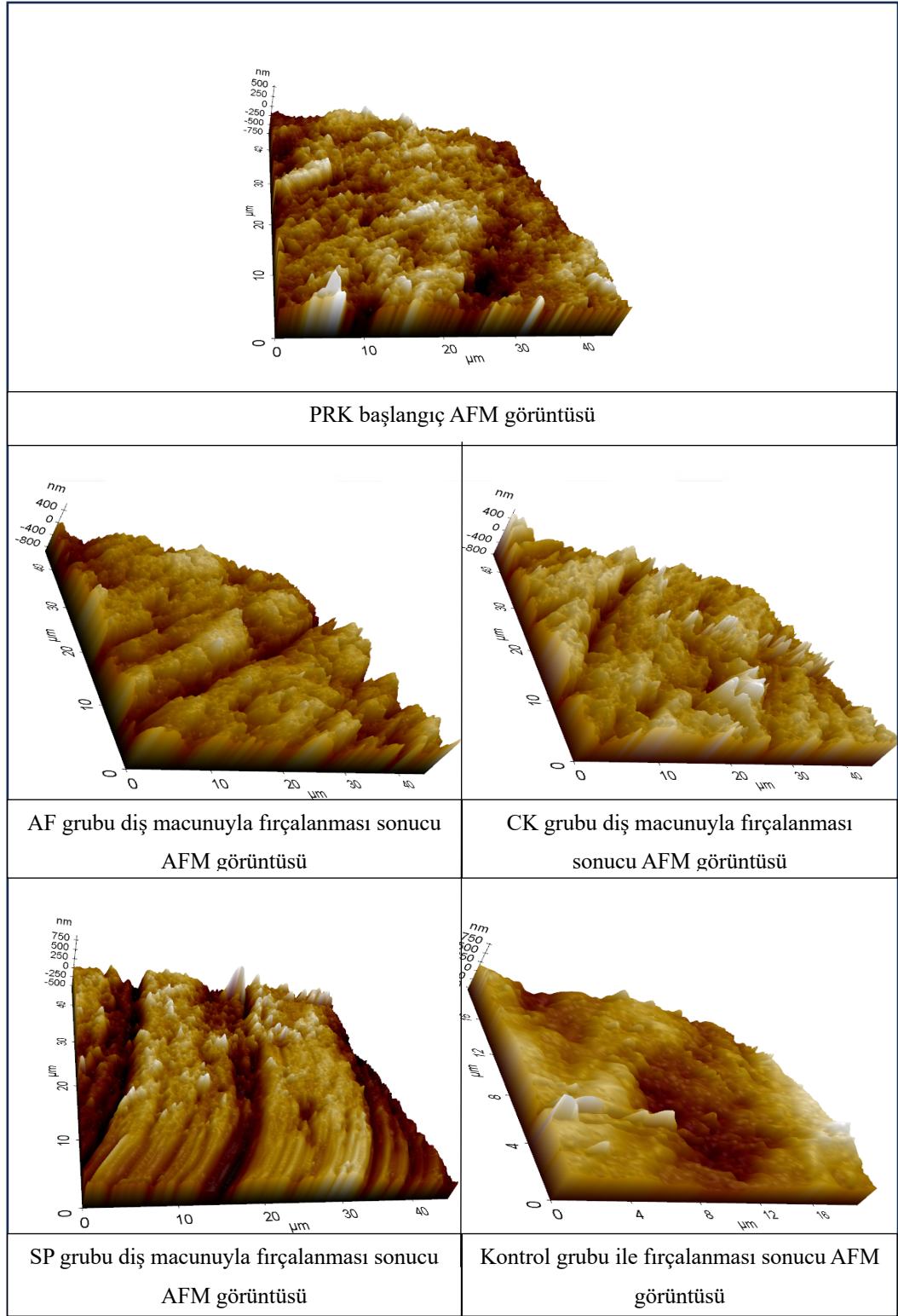


Şekil-4.6: PÇK grubunun farklı diş macunu gruplarıyla 50.000 döngü fırçalanması sonucu AFM görüntüleri

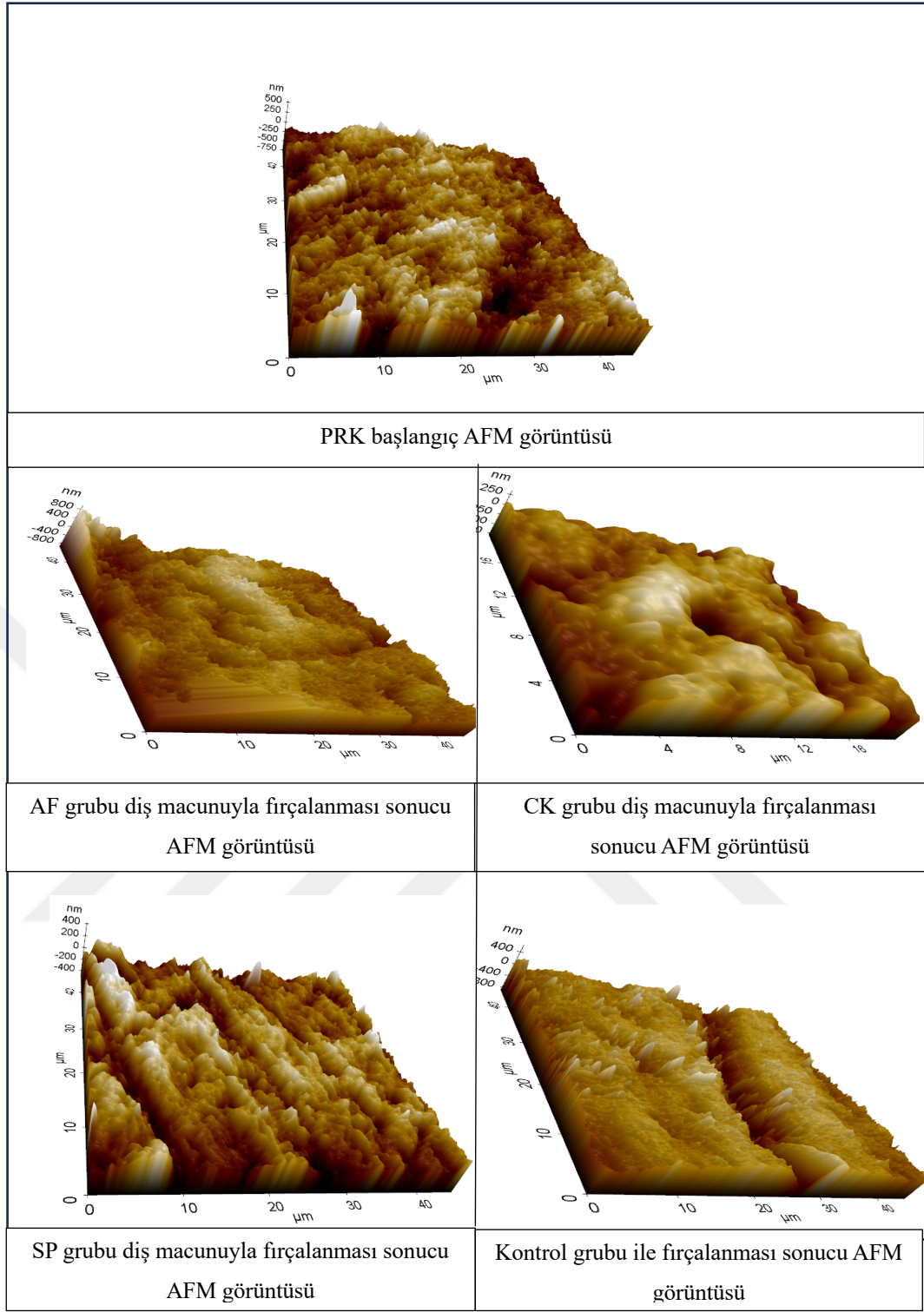
4.2.2. PRK grubuna ait AFM görüntüleri



Şekil-4.7: PRK grubunun farklı diş macunu gruplarıyla 10.000 döngü fırçalanması sonucu AFM görüntüleri

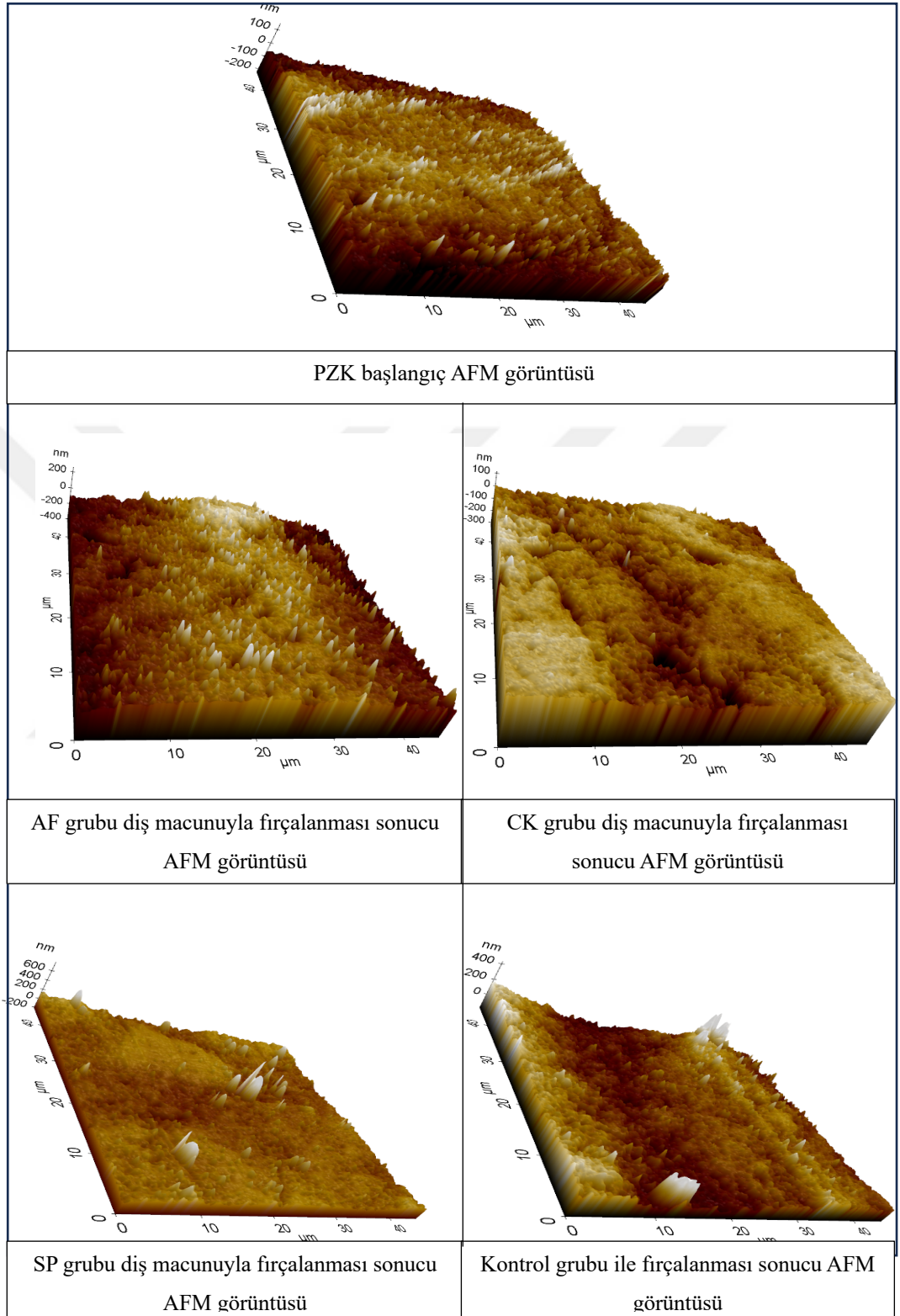


Şekil-4.8: PRK grubunun farklı diş macunu gruplarıyla 30.000 döngü fırçalanması sonucu AFM görüntüleri

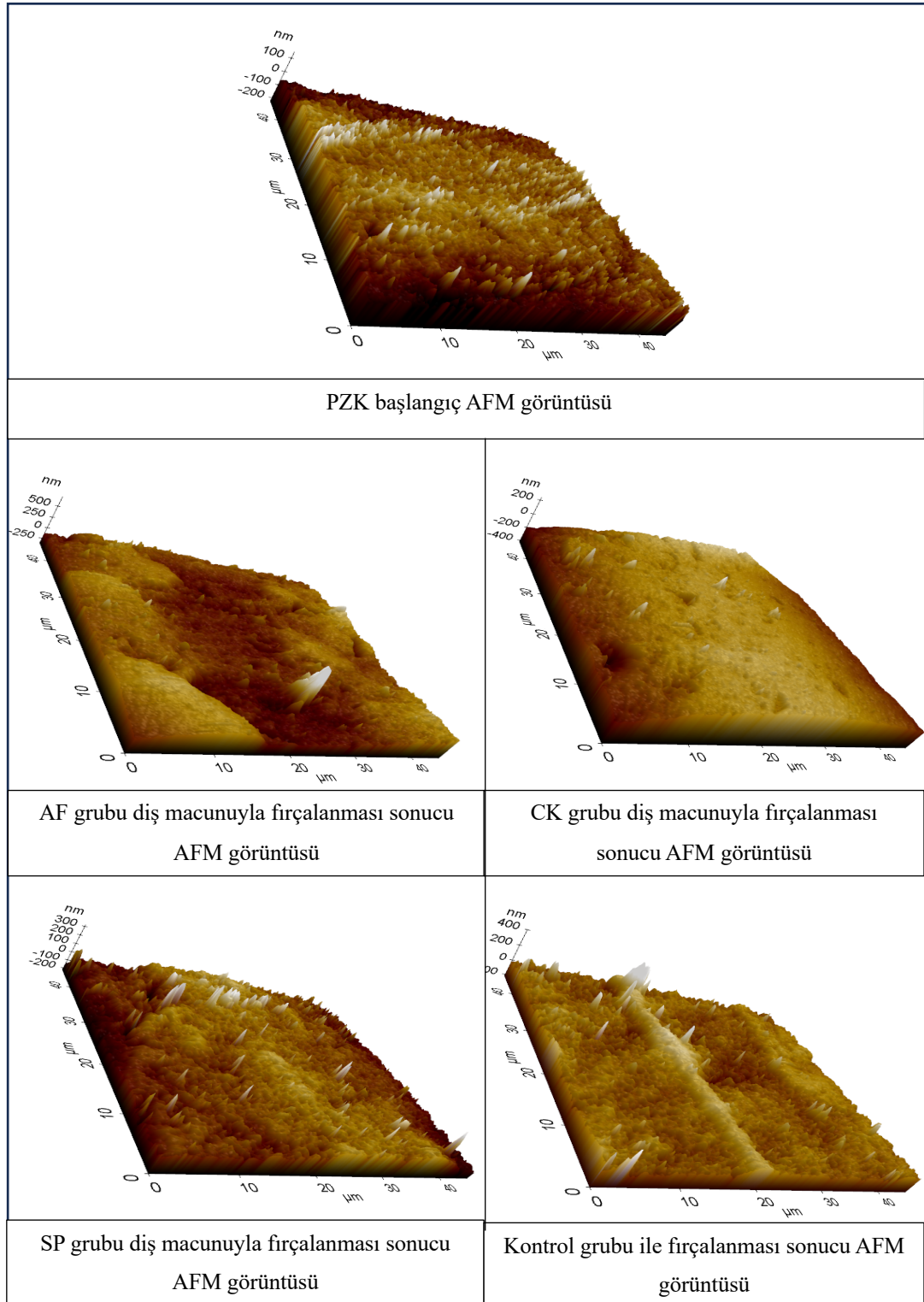


Şekil-4.9: PRK grubunun farklı diş macunu gruplarıyla 50.000 döngü fırçalanması sonucu AFM görüntüleri

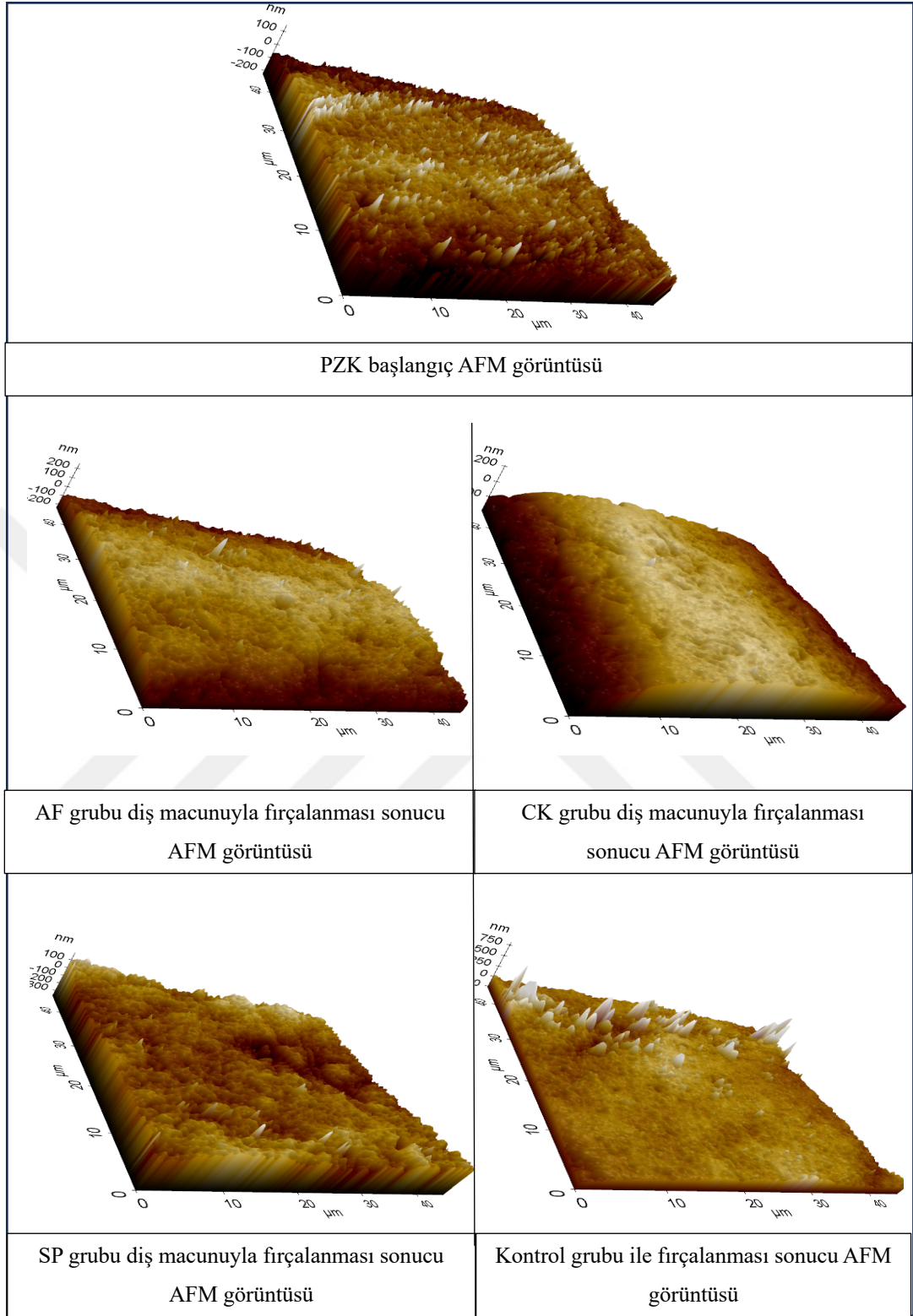
4.2.3. PZK grubuna ait AFM görüntüleri



Şekil-4.10: PZK grubunun farklı diş macunu gruplarıyla 10.000 döngü fırçalanması sonucu AFM görüntüleri



Şekil-4.11: PZK grubunun farklı diş macunu gruplarıyla 30.000 döngü fırçalanması sonucu AFM görüntüleri



Şekil-4.12: PZK grubunun farklı diş macunu gruplarıyla 50.000 döngü fırçalanması sonucu AFM görüntüleri

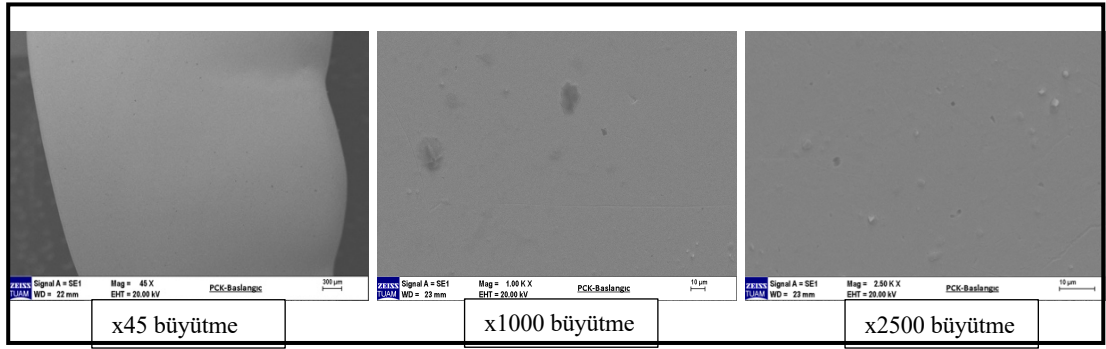
4.3. SEM Analizi ile Yüzey Morfolojisi Görüntülemesine Ait Bulgular

SEM ile yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilebilmesi için tüm örneklerin başlangıç ve her bir RDA değeri farklı olan dış macunu ile 50.000 döngü fırçalanması sonucunda x45, x500, x1000 büyütme altında iki boyutlu yüzey görüntüleri elde edilmiştir. Büyütme oranına bağlı örneklerin yüzey özellikleri değişmektedir. Yüzey özellikleri daha küçük büyütme oranlarında değerlendirilebilirken, büyütme oranı arttıkça materyale ait partiküllerin boyutsal ve yapısal özellikleri hakkında fikir sahibi olunabilmektedir.

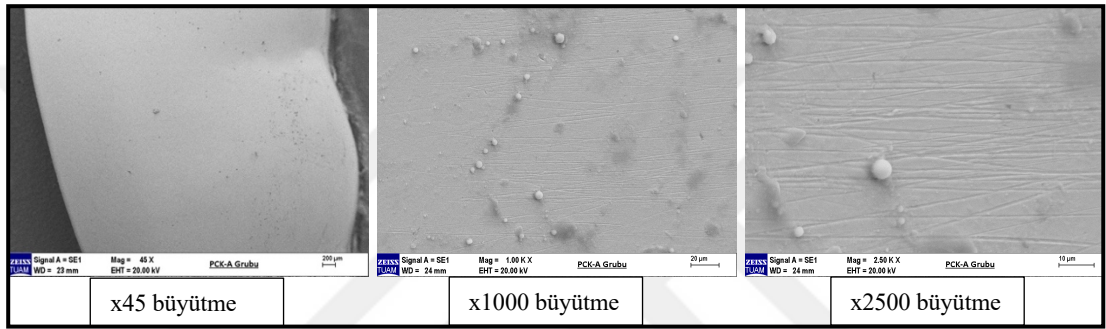
Fırçalama sonrasında fırça izlerine bağlı olarak tüm gruplarda daha düzensiz yüzeyler gözlenmektedir. Genel olarak yüksek RDA değerlerine ait dış macunlarıyla fırçalanmış örneklerin yüzeyinde daha derin çizikler olduğu görülmekle birlikte materyal yapısına göre daha dayanıklı olan PÇK ve PZK örneklerinde PRK örneklerine göre daha az mikro çukurlar oluştuğu, PRK yüzeyinde partikül yer değişmesine bağlı olarak daha pürüzlü yüzeyler elde edildiği görülmektedir.

SEM analizi sonucunda elde edilen görüntüler Şekil-4.13, Şekil-4.14, Şekil-4.15, Şekil-4.16, Şekil-4.17, Şekil-4.18, Şekil-4.19, Şekil-4.20, Şekil-4.21, Şekil-4.22, Şekil-4.23, Şekil-4.24, Şekil-4.25, Şekil-4.26 ve Şekil-4.27’de gösterilmiştir.

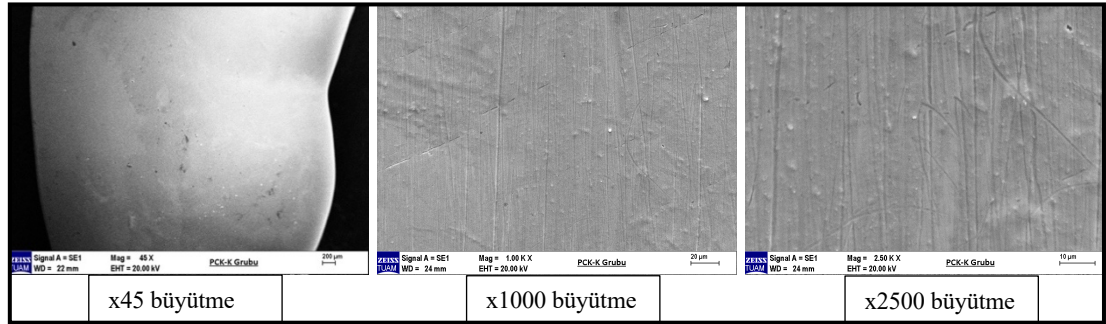
4.3.1. PÇK grubuna ait SEM görüntüleri



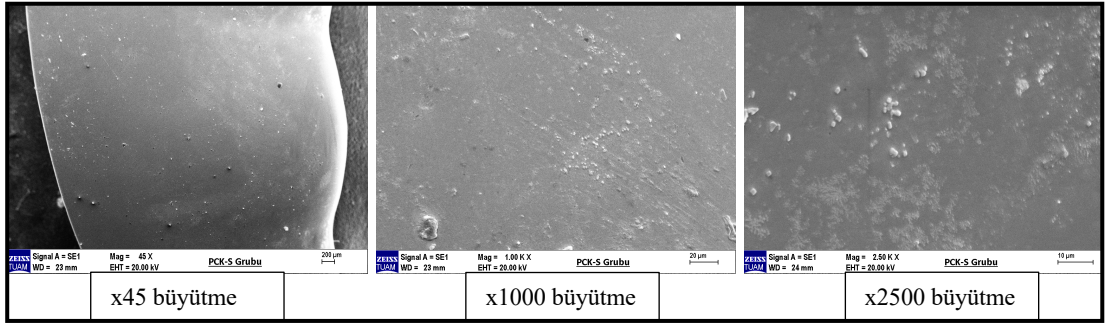
Şekil-4.13: PÇK grubuna ait örneklerin başlangıç SEM görüntüleri



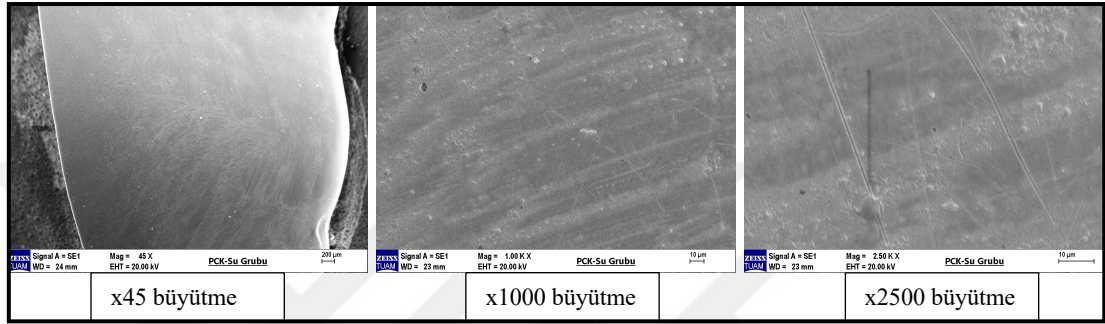
Şekil-4.14: PÇK grubuna ait örneklerin AF grubu dış macunıyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri



Şekil-4.15: PÇK grubuna ait örneklerin CK grubu dış macunuyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri

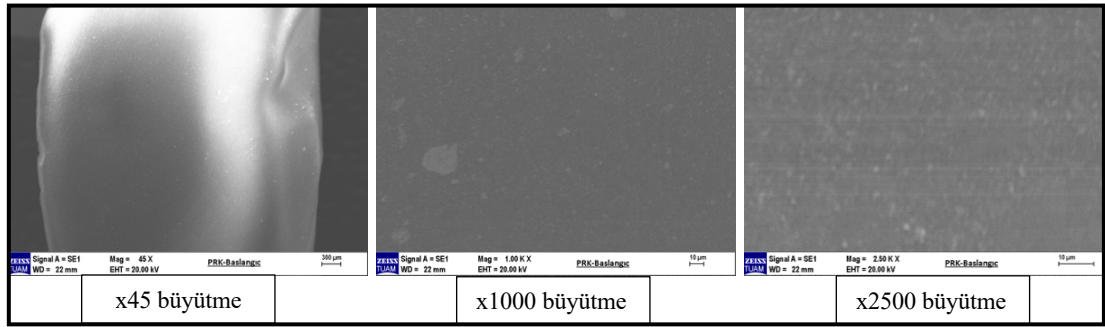


Şekil-4.16: PÇK grubuna ait örneklerin SP grubu dış macunıyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri

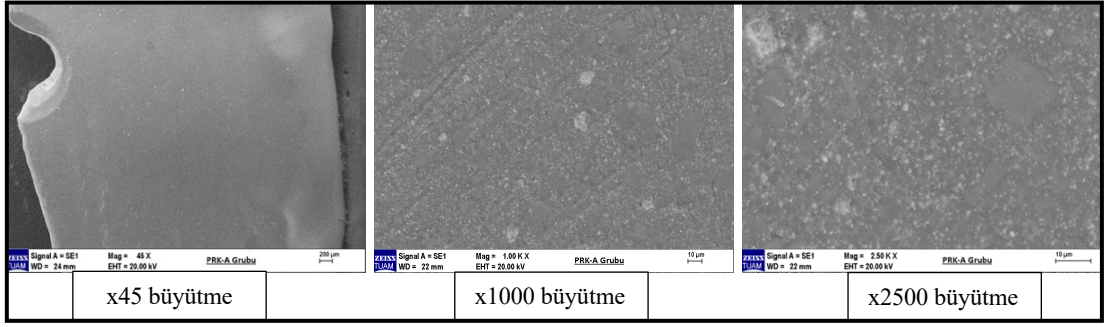


Şekil-4.17: PÇK grubuna ait örneklerin Kontrol grubu dış macunuyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri

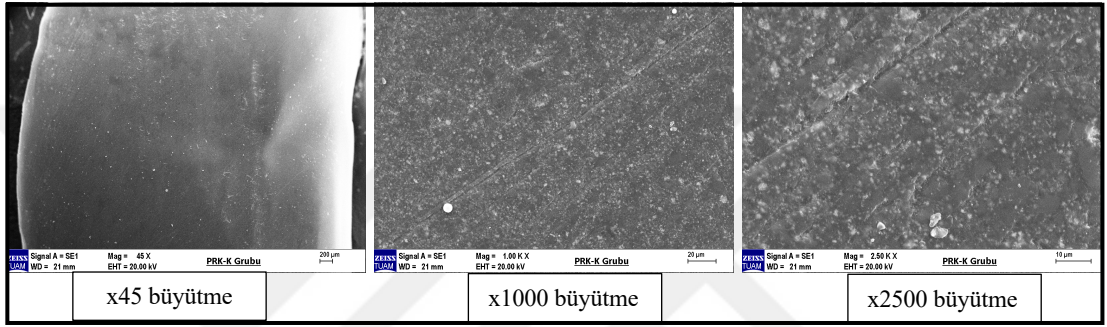
4.3.2. PRK grubu örneklerin SEM görüntüleri



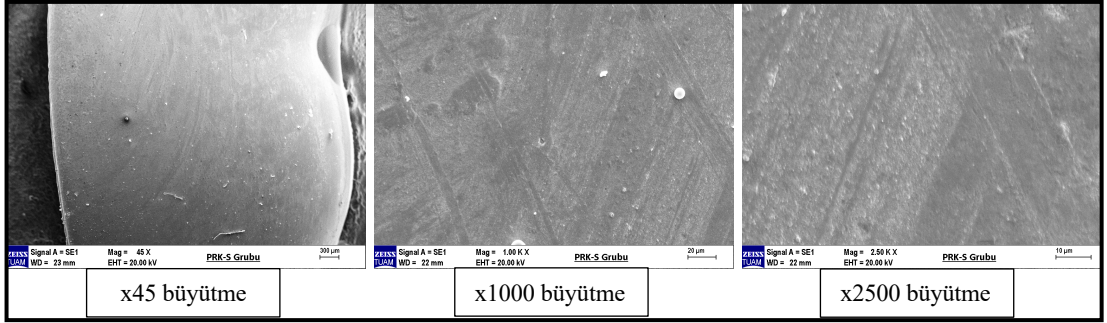
Şekil-4.18: PRK grubuna ait örneklerin başlangıç SEM görüntüleri



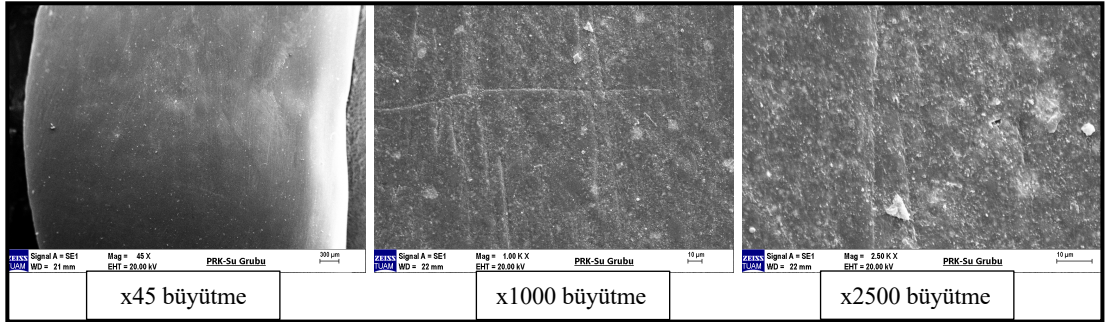
Şekil-4.19: PRK grubuna ait örneklerin AF grubu dış macunıyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri



Şekil-4.20: PRK grubuna ait örneklerin CK grubu dış macunuyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri

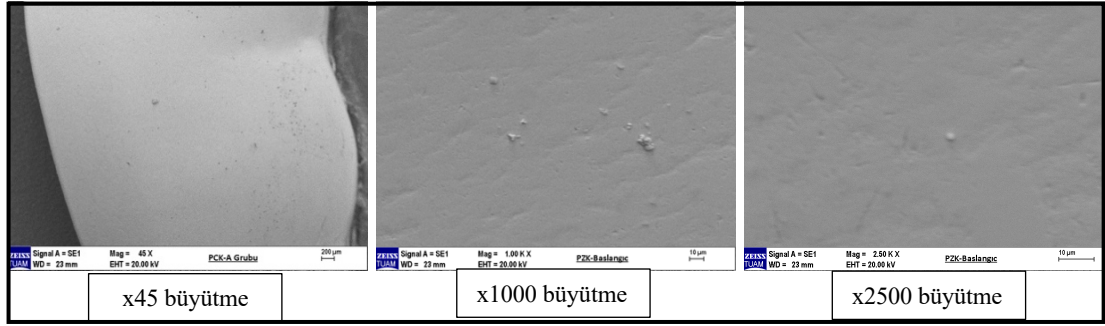


Şekil-4.21: PRK grubuna ait örneklerin SP grubu dış macunuyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri

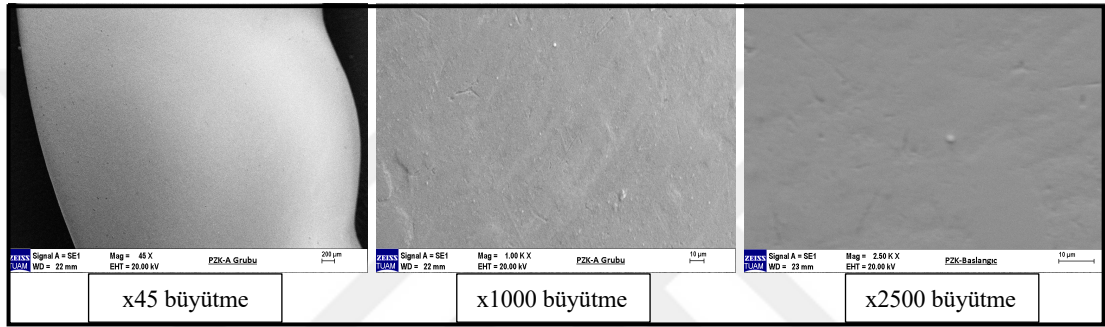


Şekil-4.22: PRK grubuna ait örneklerin Kontrol grubu dış macunıyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri

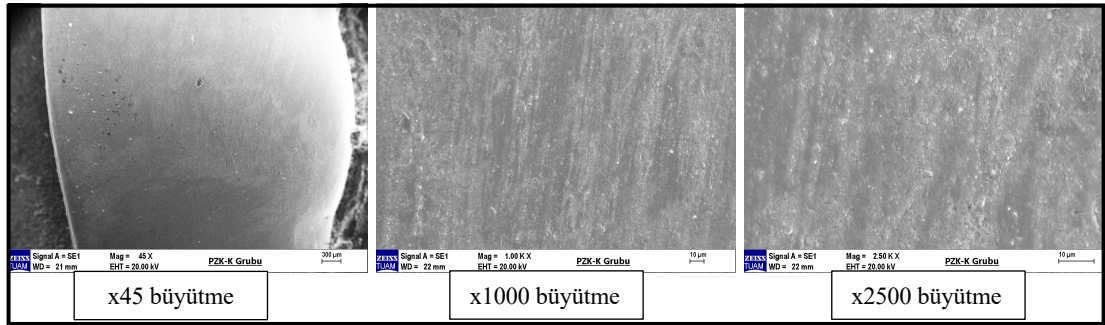
4.3.3. PZK grubu örneklerin SEM görüntüleri



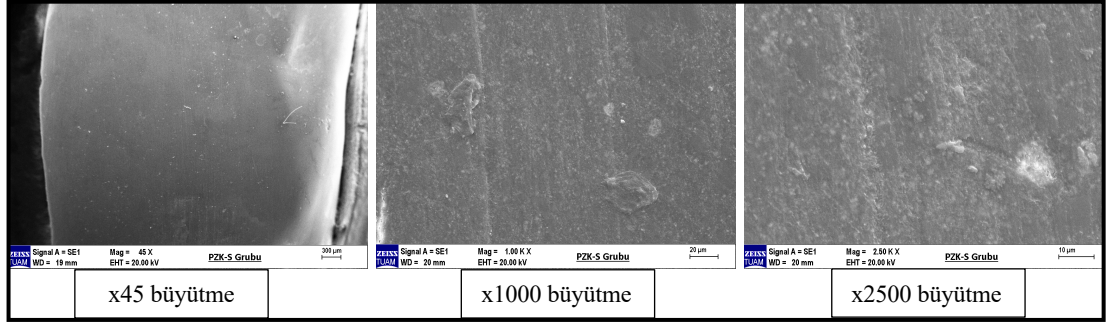
Şekil-4.23: PZK grubuna ait örneklerin başlangıç SEM görüntüleri



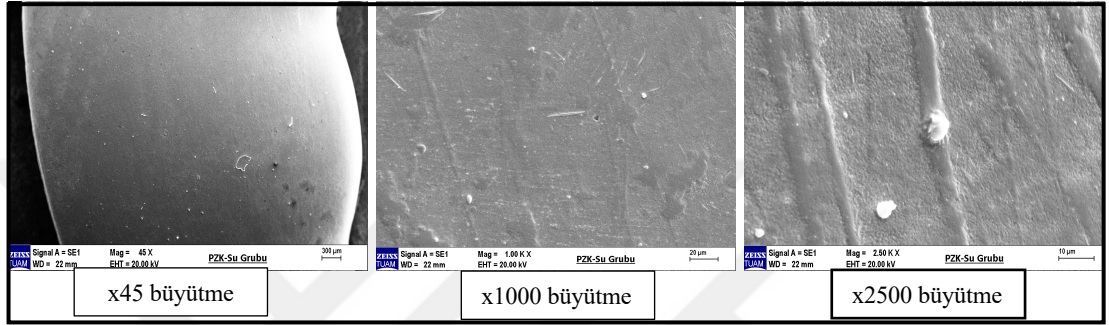
Şekil-4.24: PZK grubuna ait örneklerin AF grubu diş macunıyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri



Şekil-4.25: PZK grubuna ait örneklerin CK grubu diş macunıyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri



Şekil-4.26: PZK grubuna ait örneklerin SP grubu diş macunuyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri



Şekil-4.27: PZK grubuna ait örneklerin Kontrol grubu diş macunuyla 50.000 döngü fırçalama sonrası SEM görüntüleri

5. TARTIŞMA

Süt dişlerinde aşırı madde kaybı olduğunda, özellikle erken çocukluk çağı çürüğü (EÇÇ) gibi agresif ilerleyen çürüklerin varlığında, tam kron restorasyonlar çocuk hastaların hem fonksiyonel hem de estetik gereksinimlerini karşılamak amacıyla sıklıkla tercih edilmektedir. Bu restorasyonlar, dişin kaybolan dokusunu restore ederek aynı zamanda çürüğün ilerlemesini durdurur, hassasiyetini azaltır ve pulpal dokuyu korur. Ancak bu restorasyonların klinik başarısı, yalnızca materyalin başlangıçtaki fiziksel ve mekanik özelliklerine değil; aynı zamanda uzun süreli ağız içi koşullar altında gösterdiği dayanıklılığa ve biyolojik uyumuna da bağlıdır (153,154).

Süt dişlerinin tedavisinde tam kron restorasyonlara artan ilgi nedeniyle; kronların seçimi için fiziksel dayanımlarının detaylı incelenmesi ihtiyacı artmıştır. Bu tez çalışması, farklı pediatrik tam kron restorasyon materyallerinin farklı RDA değerlerine sahip çocuk diş macunlarıyla etkileşimini, yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendiren erişilebilir literatürdeki ilk kapsamlı çalışmadır. Çalışma sonucunda hem tedavi için materyal seçimi hem de önerilecek diş macunlarının güvenilirliği açısından klinik uygulamalara katkı sağlayacak özgün ve çok boyutlu veriler sunulması hedeflenmiştir. Çalışmada, hem üç farklı pediatrik kron materyalini hem de üç farklı RDA değerine sahip çocuk diş macununun aynı *in-vitro* modelde değerlendirilerek, materyal yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini yüksek çözünürlüklü görüntüleme teknikleri olan atomik kuvvet mikroskobu (AFM) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile detaylı analiz edilmesi amaçlanmıştır. Yapılan istatistik analizi sonucunda, kron materyalinin, diş macununun ve zamanın yüzey pürüzlülüğü üzerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklara yol açtığı görülmüş, başlangıç hipotezi (H_0) reddedilerek, grup içi ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu öne süren H_1 hipotezi kabul edilmiştir.

Çocuk hastalarda tam kron restorasyonlar, özellikle yaygın çürük nedeniyle ciddi doku kaybına uğramış süt azı dişlerinde tercih edilmektedir. Yapılan bir çalışmada, bu tür dişlerde konvansiyonel restoratif materyallerin yeterli retansiyon ve dayanıklılık sağlayamaması nedeniyle tüm dişi kaplayan tam kron restorasyonların daha uygun olduğunu vurgulamaktadır (153). Bu bilgiler ışığında çocuk diş hekimliğinde en sık kullanılan paslanmaz çelik kronlar özellikle aşırı madde kaybı

bulunan süt azı dişlerinin restorasyonunda uzun süredir "altın standart" olarak kabul edilmektedir. Holan ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği çalışmada, pulpa tedavisi uygulanmış dişlerin 27-29 aylık takibi sonucunda, paslanmaz çelik kron (PÇK) ile restore edilen dişlerdeki başarı oranının, diğer restorasyonlara kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (155). Bu çalışmada paslanmaz çelik kronlar, çocuk diş hekimliğinde uzun yıllardır kanıtlanmış klinik başarısı, yüksek dayanıklılığı ve uygulama kolaylığı nedeniyle tercih edilmiş; literatürde fırçalama sonrası pürüzlülüğü inceleyen bir çalışmaya rastlanmadığı için farklı aşındırıcılığa sahip diş macunlarının bu materyal üzerindeki yüzey pürüzlülüğü etkileri karşılaştırılmıştır.

Paslanmaz çelik kronların estetik açıdan sınırlayıcı oluşu sebebiyle özellikle anterior bölgede hastaların ve ebeveynlerinin estetik kabulünü kolaylaştırmak amacıyla pediatrik prefabrik zirkon kronlar piyasaya sürülmüştür (156). Vaghela ve arkadaşları tarafından yürütülen klinik çalışmalarda, pediatrik zirkon kronların hem hasta hem de ebeveyn memnuniyetini olumlu yönde etkilediği raporlanmıştır (157). Zirkon kronların, daha fazla preparasyon gerektirmesi ve maliyetli olması gibi dezavantajlarının yanı sıra plak birikimini azaltıcı yüzey pürüzsüzlüğü ve renk stabilitesi açısından klinik avantajlar sunduğu belirtilmektedir (156). Paslanmaz çelik kronların yanı sıra, pediatrik zirkon kronlar günümüzde ön bölgede en çok kullanılan kron restorasyonlardır. Bu kronlar; estetik üstünlüklerinden ötürü ön bölgede en sık tercih edilmesi ve yüzey özelliklerinin değerlendirilmesine olanak tanımları nedeniyle tercih edilmiş; özellikle diş macunlarının aşındırıcı etkilerinin, bu materyalin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki olası etkilerini ortaya koymak amacıyla kullanılmıştır (151).

3D baskı teknolojileri, diş hekimliğinde kişiselleştirilmiş ve hızlı üretim imkânı sunarak restoratif tedavilere yeni bir boyut kazandırmıştır. 3D baskı teknolojisiyle üretilen kalıcı restoratif materyallerle ilgili klinik verilerin sınırlı olması, bu materyallerin üretim süreci ve uygulamalarının titizlikle kontrol edilmesini gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda, üretici tarafından önerilen protokollere eksiksiz uyum, materyalin mekanik özelliklerinin ve biyouyumluluğunun optimize edilmesine olanak tanır. Dolayısıyla, 3D baskılı rezin restoratif materyallerin güvenilir ve başarılı klinik sonuçlar vermesi, üretim ve son işlem süreçlerine dair standartlara sadık kalınmasına doğrudan bağlıdır (158). Özellikle çocuk hastalarda zaman kazandıran üretim süreci

ve dijital uyum avantajı nedeniyle, 3D baskı rezin kronlar potansiyel bir alternatif olarak öne çıkmaktadır (159). Ancak bu materyallerin, özellikle ağız bakım ürünlerine karşı yüzey dayanıklılığı henüz yeterince araştırılmamıştır. Bu nedenle çalışmamıza dahil edilerek, farklı aşındırıcılığa sahip diş macunlarının materyal üzerindeki yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Diş hekimliğinde restoratif materyallerin klinik başarısının en doğru şekilde değerlendirilmesi ideal olarak *in-vivo* çalışmalarla mümkün olsa da, bu tür çalışmaların yüksek maliyetleri, uzun sürede tamamlanmaları, etik sınırlamaları ve özellikle çocuk hastalarda düzenli klinik takibin zor olması nedenleriyle *in-vitro* modeller yaygın olarak tercih edilmektedir (160,161). Bu çalışmanın *in vitro* olarak planlanması ile, model dış etkenlerden (örneğin tükürük, çiğneme kuvveti, bireysel fırçalama tekniği) elimine edilmiş, standart ve tekrarlanabilir bir deney ortamı sağlanmıştır. Bu sayede üç farklı pediatrik kron materyalinin yüzey pürüzlülüğüne; yalnızca diş macunu aşındırıcılık değerinin etkisi, izole bir şekilde değerlendirilebilmiştir. Aynı zamanda *in-vitro* çalışmaların, materyallerin temel fiziksel ve yüzeysel özelliklerini daha iyi yansıttığı bildirilmektedir (162).

Bu çalışmanın *in-vitro* yürütülmesinin bir diğer nedeni de çocuk hastalarda fırçalama basıncı, süresi ve sıklığı gibi değişkenlerin kontrol altına alınamaması, bireyler arası oral hijyen alışkanlıklarının farklılık göstermesi nedeniyle standardizasyonun sağlanamaması ve uzun dönemli hasta takibinin çocuk hastalarda düzenli olarak sürdürülebilmesinin güçlüğüdür. Literatürde de benzer şekilde, çocuk hastalarla yürütülen *in-vivo* çalışmaların; hasta kooperasyonu, randevuya düzenli gelmeleri ve klinik protokollere uyum konularında çeşitli sınırlılıklar taşıdığı bildirilmiştir (163). Tüm bunlar ışığında çalışmamızda diş fırçalama simülatörü kullanılmış ve kullanılan tüm pediatrik kronların bukkal yüzeylerine diş fırçasıyla ileri geri hareketle modifiye Bass tekniğine uygun olarak fırçalama yapılmıştır (164).

Bu çalışmada çocuk hastalara yönelik kronların yüzey özellikleri *in-vitro* olarak değerlendirilmiş olmasına rağmen, fırçalama simülasyonunda modifiye Bass tekniği tercih edilmiştir. Bunun nedeni, modifiye Bass tekniğinin literatürde mekanik plak kontrolünde etkinliği yüksek, tanımlanabilir ve standartlaştırılabilir bir yöntem olarak kabul edilmesidir. Modifiye Bass tekniği; uygulama açısı, hareket yönü ve

kuvvet parametrelerinin simülasyon cihazlarında kontrollü biçimde tekrarlanabilmesine olanak tanıdığından, bu çalışmada güvenilir ve karşılaştırılabilir sonuçlar elde etmek amacıyla tercih edilmiştir (164).

Literatürde, *in-vitro* fırçalama simülasyonlarında 1 yıllık diş fırçalama süresi diş fırçalama simülatöründe yaklaşık 10.000 fırçalama döngüsü ile eşdeğer kabul edilmekte ve bu yöntemin restoratif materyallerin yüzey özelliklerini değerlendirmede güvenilir bir model sunduğu vurgulanmıştır (165,166). Bu hesaplamalar, günde iki kez fırçalama ve her seansın belirli bir süre ve basınç altında gerçekleştiği varsayımına dayanmaktadır. Bu doğrultuda *in vitro* yüzey analiz çalışmalarında materyallerin uzun dönem performanslarını değerlendirebilmek için bu döngü sayıları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde 10.000, 30.000 ve 50.000 döngü uygulanarak sırasıyla bir pediatrik kronun ortalama ağızda kalma süresini yansıtabilmek adına 1, 3 ve 5 yıllık klinik fırçalama etkileri uzun dönem etkiyi görebilmek için simüle edilmiştir (166).

Erişilebilir literatürde, çocukların manuel fırçalama sırasında genellikle 100–250 grF aralığında kuvvet uyguladığı bildirilmektedir (167). Gerçek klinik koşullarda yaş, motor beceri ve ebeveyn denetimi gibi faktörlere bağlı olarak fırçalama kuvveti değişkenlik gösterse de, standardize edilmiş bir kuvvetin kullanılması materyal karşılaştırmalarında gereklidir. Çalışmamızda da fırçalama kuvveti olarak 200 grF uygulanarak hem ortalama aralığın temsil edilmesi hem de daha önceki *in vitro* çalışmalarla karşılaştırılabilirliğin sağlanması amaçlanmıştır.

Restoratif materyallerin ağız içi ortamda sürekli olarak sıcaklık ve pH değişimlerine maruz kaldığı bilinmektedir. Bu fizyolojik koşulların laboratuvar ortamında taklit edilmesi amacıyla, numunelerin belirli sıcaklıkta sıvı içerisinde bekletilmesi önerilmektedir (168–170). Bu çalışmada da benzer şekilde, materyallerin yaşlandırma sürecini taklit edebilmek için, örnekler 37 °C’de distile su içerisinde bir hafta süreyle bekletilmiştir.

Yapılan *in-vitro* bir çalışmada diş macununu seyreltmek için distile su ya da yapay tükürük solüsyonu gibi pek çok yöntem kullanılmıştır (171). Literatürde distile suyun, yapay tükürüğün içerdiği proteinler, enzimler ve iyonların yüzey koruyucu etkisinden bağımsız sonuçlar sağlayarak, yalnızca diş macunu ve fırçanın etkisini

ölçmede daha güvenilir bir ortam sunduğu belirtilmektedir (172). Aynı zamanda distile su kullanımı pro-arginin, kalsiyum karbonat, silika veya çinko karbonat gibi dış macununun aşındırıcılığını belirleyen kimyasal bileşimi değiştirmemektedir (173). Çalışmanın tekrarlanabilirliğini ve sonuçlarının iç geçerliliğini artırmak adına bu çalışmada dış macunu ile simülatörde fırçalama işlemi gerçekleştirilirken distile su ile seyreltilme işlemi tercih edilmiştir.

Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde çeşitli cihazlar kullanılmaktadır. Dental materyallerin yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde SEM, AFM, mekanik ve optik profilometreler en sık kullanılan cihazlardır (174). Mekanik temaslı profilometreler kompozit gibi yumuşak mikro düzeyde heterojen yapı içeren materyallerde ölçüm hatalarına ve deformasyonlara sebep olabilir (175). Buna karşın AFM ve SEM gibi yöntemler daha yüksek çözünürlükte topografik veriler sunar. SEM, yüzeyin morfolojik yapısını yüksek çözünürlükte görselleştirme imkânı sağlayarak, materyal yüzeyindeki çizik, çatlak, partikül dağılımı ve yüzey düzensizlikleri gibi yapısal özelliklerin değerlendirilmesine olanak tanımaktadır (176). AFM cihazı, SEM cihazından farklı olarak yüzey pürüzlülüğünü nanometre çözünürlüğünde ölçerek üç boyutlu görüntüler elde edilmesini sağlar. Aynı zamanda SEM'deki gibi örneklerin iletken olma zorunluluğu yoktur. AFM çok daha hassas ölçümler yapılmasını sağlamakla birlikte verilerin kıyaslanması ve kullanım kolaylığı açısından SEM cihazının olumsuz özelliklerini tamamlar (177). Çalışmamızda da yüzey pürüzlülüğünün sayısal (nicel) olarak hesaplanmasına olanak sağlamak için AFM; yüzey morfolojisini ve aşınmayı nitel olarak incelemek için ise SEM tercih edilmiştir.

Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde kullanılan pek çok parametre vardır. Ra, Rq ve Rz gibi çeşitli parametreler bunlardan bazılarıdır. Literatürde en yaygın şekilde Ra ve Rz değerleri kullanılmaktadır. Rz değeri Ra değerine göre en yüksek tepe ile en derin çukur arasındaki farkı ölçtüğü için daha lokal düzensizliklerin değerlendirmesinde kullanılır ve aynı zamanda daha hassas bir değer olması nedeniyle cihaz türüne ve yüzey özelliklerine göre çevresel faktörlerden daha çok etkilenecek değişkenlik gösterebilir (176). Çalışmamızda, kronların yüzeylerinin engebeli olmasından kaynaklı AFM cihazının ucunun hassas ölçümünden en az etkilenebilmek adına, dental materyallerde daha karşılaştırılabilir ve güvenilir sonuçlar verdiği

belirtilen, genel pürüzlülüğü temsil eden ve uluslararası standartlara uygun olan Ra değeri kullanılmıştır (178).

Çocuklarda günlük oral hijyen için tercih edilen diş macunları kullanılarak yapılan diş fırçalama, restorasyonların yüzey bütünlüğü ve dolayısıyla uzun ömürlülüğü üzerinde doğrudan etkili olabilir. Diş fırçalama ve beraberinde kullanılan diş macunlarının içerdiği aşındırıcı partiküller, özellikle düşük mekanik dayanıklılığa sahip materyallerin yüzeyinde mikroskobik düzeyde pürüzlülük artışına neden olabilir. Yüzey pürüzlülüğünün artması ise; plak tutulumuna, renklenmeye ve restoratif materyalin biyofilm oluşumuna karşı direncinin azalmasına yol açarak restorasyonun başarısını riske atabilir (134). Çocuklara; diş ve çevre dokulara daha az zarar verdiği, aşındırıcılıklarının düşük güvenliklerinin yüksek olduğu gerekçeleriyle yumuşak diş fırçaları önerilmektedir. Jeong ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada ultra yumuşak ve yumuşak diş fırçalarının mevcut plağı giderme konusunda oldukça etkili olarak olduğunu göstermişlerdir (179). Aşındırıcılık açısından ise genel olarak kabul edilen görüş, sert kıllı diş fırçalarının yumuşak olanlara göre daha fazla aşındırıcı etkiye sahip olduğudur. Çalışmamızda da çocuk hastalar için düşük aşındırıcılık ve yüksek güvenlik özelliklerinden dolayı sıklıkla tavsiye edilen yumuşak diş fırçası ile fırçalama simüle edilerek, gerçeğe en yakın sonuçların elde edilmesi hedeflenmiştir.

Günümüzde farklı içeriklere, pH değerlerine ve aşındırıcı özelliklere sahip pek çok diş macunu bulunmaktadır. Bu diş macunlarının diş sert dokularına ve çeşitli restoratif materyallere yönelik yüzey özelliklerine etkileri literatürde çeşitli çalışmalarla araştırılmasına karşın çocuklarda kullanılan pediatrik kronlar üzerine etkileri sınırlı kalmıştır (180,181). Bu doğrultuda, çalışmamızda da pediatrik kronların fırçalanmasında farklı üreticiler tarafından çocuklara yönelik geliştirilen, içerik açısından çeşitlilik gösteren diş macunları kullanılmıştır. Macunların seçiminde mekanik aşındırma sürecinde belirleyici rol oynayan aşındırıcı ajanların aynı olması dikkate alınmıştır. Diş macunlarının formülasyonlarında genellikle hidratlanmış silika, kalsiyum karbonat, dikalsiyum fosfat dihidrat, kalsiyum pirofosfat, alümina ve sodyum bikarbonat gibi çeşitli aşındırıcı ajanlara yer verilmektedir (182). Çalışmamızda sıklıkla diş macunları formülasyonunda yer alan silika türevlerinin aşındırıcı olarak seçilmesine karar verilmiştir. Bu aşındırıcıların partikül büyüklüğü ve morfolojisi, hem diş ve restorasyon yüzeyindeki plağın uzaklaştırılmasında hem de

mekanik aşındırma sürecinde belirleyici rol oynamaktadır (180). Çalışmamızda macun içeriğindeki aşındırıcı materyal olarak hidrat silika tercih edilerek macunlar standardize edilmiştir.

Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO), diş macunlarının RDA değerinin maksimumunu 250 olarak belirtmişken Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi ise maksimum RDA değerini 200 olarak bildirmiştir. Bu nedenle bu çalışmadaki diş macunları, çocuklar için güvenlik aralığında olan ve diş macunu üreticilerinin diğer çalışmalarda vermiş olduğu RDA değerleri göz önünde bulundurularak kategorize edilip tercih edilmiştir (183,184). Hooper ve arkadaşları yaptıkları çalışmada yüksek RDA değerine sahip macunların yüksek aşındırıcılığa sahip olduğunu ileri sürmüştür (185). Çalışmamızda da, materyal fark etmeksizin en fazla pürüzlülük artışı yüksek RDA değerine sahip macunla fırçalanan gruplarda gözlenirken; bunu orta RDA, düşük RDA ve yalnızca su ile fırçalanan gruplar takip etmiştir. Tüm materyal gruplarında diş macununa bağlı olarak, yüzey pürüzlülüğü artışı sırasıyla $87 \pm 6,52$ değeri ile yüksek derecede RDA'ya sahip olan AF grubu, $84 \pm 6,34$ değeri ile orta derecede RDA'ya sahip olan CK grubu, $74,4 \pm 4,75$ değeri ile düşük derecede RDA'ya sahip diş macunu olan SP grubu ve $69,7 \pm 4,91$ değeri ile distile su grubunda olacak şekilde azalan bir düzende gözlemlenmiştir. Bu durum, diş macunlarının içerdiği aşındırıcı partiküllerin yüzey pürüzlülüğü üzerinde doğrudan etkili olduğunu ve materyal türünden bağımsız olarak aşındırıcılık düzeyinin önemli bir değişken olduğunu göstermektedir.

Fırçalama sonrası elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri karşılaştırıldığında diş macunu ve döngü sayısından bağımsız, tüm kron gruplarında en yüksek pürüzlülük artışı toplamda $152,5 \pm 2,96$ ile PRK'larda, ardından $51,7 \pm 1,79$ ile paslanmaz çelik PÇK'larda, en düşük ise $36,6 \pm 1,79$ ile PZK'larda gözlenmiştir. Bu sıralama, materyal kompozisyonunun ve yüzey özelliklerinin aşındırıcı etkilere karşı dayanıklılıkta belirleyici olduğunu göstermektedir. Rezin bazlı materyaller, düşük inorganik dolgu oranı ve daha yumuşak matris yapıları nedeniyle aşındırıcı partiküllere karşı daha hassas davranırken; zirkon kronlar, yüksek sertlik ve yoğun kristalin yapıları sayesinde yüzey bütünlüğünü daha etkin şekilde korumuştur.

Çalışmamızda yüzey pürüzlülüğünde kron materyali ana etkisi değerlendirildiğinde, en yüksek Ra değerlerinin PRK grubunda olduğu bulunmuştur.

PRK olarak tanımlanan materyaller, CAD/CAM sistemlerinde üretilmiş yüksek polimerizasyonlu rezin bloklardan elde edilmektedir. Bu blokların, laboratuvar ortamında basınç ve sıcaklık altında üretilerek daha homojen bir yapı ve daha yüksek sertlik sunduğu öne sürülmüştür. Ancak, bu materyallerin inorganik dolgu içeriklerinin düşük olması, materyalin fırçalama gibi aşındırıcı mekanik etkilere karşı daha savunmasız ve dayanıksız hale gelmesine neden olur (186). Literatüre bakıldığında üç boyutlu sistemlerle elde edilmiş rezin içerikli materyallerin hidrofilik özelliklerinden ötürü su absorpsiyonuna daha açık bir yapı sergilediği bunun sonucunda zamanla rezin matriks içerisine giren suyun yapı içinde plastikleştirici gibi davranması ve polimer zincirlerinin birbirleri üzerinde kolay kaymasına yol açtığı bildirilmiştir. Dolayısıyla bu durumun materyalin yüzey sertliğinin azalıp yumuşamasına ve böylece aşınma direncinin düşmesine neden olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (186). Çalışmamızda elde edilen bu sonuçlar, rezin kronların su emilimi sonrası yumuşamış yapısının, fırçalama etkisiyle daha fazla madde kaybına uğraması ile açıklanabilir.

PRK grubunda özellikle AF grubu ve CK grubu gibi yüksek ve orta RDA değerine sahip diş macunları, rezin matris içerisinde daha agresif mekanik etki göstererek aşınmayı artırmış olabilir. SP ve kontrol grubu gibi düşük RDA değerine sahip diş macunu ve distile su grubunda da yüzey pürüzlülüğü artışı görülmüş ancak daha düşük düzeyde kalmış bu da aşındırıcı partiküllerin pürüzlülükteki artışta ana belirleyici faktör olduğunu düşündürmektedir. Ek olarak artan fırçalama döngülerinin de mikro çatlakları derinleştirerek pürüzlülükte artışa neden olduğu düşünülmektedir.

Paslanmaz çelik kronların üretiminde sıklıkla kullanılan ve içeriğinin büyük bir çoğunluğunu oluşturan alaşım nikel-krom (Ni-Cr) alaşımıdır. Bu alaşımların yüzeyinde oluşan koruyucu pasif krom oksit tabakası (Cr_2O_3), materyali korozyondan korumanın yanı sıra metali çevresel etkenlerden izole ederek paslanmaz çeliğe adını veren paslanmazlık özelliği sağlar (187). Bu tabaka oldukça ince olmakla birlikte kimyasal olarak kararlı ve kendini yenileyebilen bir yapıya sahiptir. Ancak yapılan çalışmalar, bu ince tabakanın zaman içerisinde aldığı fırçalama gibi tekrarlayıcı mekanik temaslara uzun süreli maruz kalması sonucunda materyalin yüzeyinin mikroskobik düzeyde aşındığının ve bütünlüğünü kaybetmesiyle yüzeyin matlaşmasına yol açtığı bildirmiştir (188). Bu durum, yüzeyde matlaşmaya, zamanla ise mikro çukur oluşumu ve yüzey pürüzlülüğü artışına neden olabilmektedir (188).

Bizim çalışmamızda da, bu bilgiler ışığında, paslanmaz çelik kronlarda artan fırçalama döngü sayısının yüzey pürüzlülüğünü artırdığı gözlemlenmiş ve çalışmamız literatürdeki verilerle paralellik göstermiştir.

Florür içeren ağız bakım ürünleriyle yapılan bir çalışmada, florürün krom oksit tabakasını bozarak iyon salınımına neden olduğu ve lokal korozyon oluşturduğunu göstermiştir. Oluşan korozyon sonucunda materyal yüzeyinin matlaşmasına ve bunun sonucunda yüzey pürüzlülüğü artışına neden olduğu düşünülmektedir (188). Bizim çalışmamızda da kullanılan tüm çocuk diş macunlarının florürlü olması dikkate alındığında florür içeriğinin etkisiyle ortaya çıkan iyon salınımı ve mikrokorozyon, paslanmaz çelik kron yüzeyinde gözle görülmeyen düzeyde matlaşma ve yapısal bozulmalara yol açarak, pürüzlülük artışına az da olsa katkıda bulunmuş olabilir.

Pediyatrik zirkon kronlarla ilgili yapılan çalışmalar, bu materyalin hem yüzey dayanıklılığı hem de estetik açıdan güvenli ve uzun ömürlü bir tedavi seçeneği olduğunu göstermektedir. Shin ve arkadaşlarının üç farklı marka PZK kullanarak yaptıkları çalışmalarında; kronlar farklı RDA değerlerine sahip diş macunlarıyla diş fırçalama simülatöründe 10.000 fırçalama döngüsüne tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar, yüzey pürüzlülüğündeki değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı olmasına rağmen, ölçülen Ra değerlerinin oldukça düşük düzeyde kaldığını ve bunun klinik açıdan kaygı yaratmadığını göstermiştir (151). Başka bir çalışmada ise pediyatrik zirkon kronlar, Figaro® ve Bioflx® kron gibi estetik kronlara kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek kırılma ve aşınma direnci sergilemiştir. Bu direnç, zirkon materyalinin pürüzsüz yüzeyini koruyabilme kapasitesi ve aşınma sırasında mikro çatlak oluşumunu sınırlayan fiziksel özelliklerine bağlanabilir. Yüksek sertlik değerine rağmen, zirkon materyalinin ince ve homojen mikroyapısı, yüzey bütünlüğünü koruyarak minimum aşınma ile sonuçlanmıştır (189). Bizim çalışmamızda da zirkon kronların 50.000 döngüye kadar tekrarlı fırçalama döngüleri neticesinde aşınmaya en dayanıklı materyal olduğu gösterilmiş ve literatürle tutarlı sonuçlar elde edilmiştir.

PZK grubuna bakıldığında; AF grubu ve CK grubu gibi yüksek ve orta derecede RDA değerine sahip diş macunları ile yapılan fırçalama sonrası yüzey pürüzlülüğünde hafif ancak istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlenmiştir. Bu artışın, zirkonun yüksek sertlik değerine rağmen, aşındırıcı partiküllerin yüzeyde

oluşturduğu mikroskobik çiziklere bağlı olduğu düşünülmektedir. Ancak zirkon yüzeyinin doğal olarak pürüzsüz ve yoğun kristal yapısı, bu etkiyi sınırlı düzeyde tutmuştur. Tüm gruplar içinde PZK grubu kronların kontrol grubu olan distile su ile fırçalanması sonrası, örneklerde pürüzlülük artışı $27,1 \pm 2,19$ Ra değeri ile en minimum düzey olan kalmış, bu da yüzey bozulmasının esas olarak aşındırıcı içerikle ilişkili olduğunu desteklemektedir. Tüm bu bilgilere dayanarak klinik olarak plak retansiyonunu en aza indirmesi açısından özellikle estetiğin ön plana çıktığı ön bölge dişlerde PZK tercih edilebilir bir tedavi seçeneği olabilir.

Aşınma, yalnızca macunun türüne değil, aynı zamanda döngü sayısına bağlı olarak da değişir. Çalışmamızda fırçalama simülatöründe her bir numune için fırçalama yönü, kuvveti gibi tüm bireysel faktörler standartlaştırılıp ve sadece fırçalama döngü sayısı 10.000, 30.000 ve 50.000 olacak şekilde tekrar edilerek geçen zamanla birlikte materyallerin yüzey özelliğindeki değişim test edilmiştir. Literatürde Alali ve arkadaşlarının farklı rezin kompozitler üzerine yaptıkları bir çalışmada 5000'den 20.000 vuruşa kadar olan yüzey pürüzlülüğü değerlerini incelemişler ve her fırçalama döngüsünde yüzey pürüzlülüğünün arttığını bildirmişlerdir (190). Shin ve arkadaşlarının çalışmasına göre fırçalama döngü sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğünde artış meydana geldiği benzer şekilde gösterilmiştir. 10.000 ve üzeri fırçalama simülasyonları, özellikle dayanıklı malzemelerde dahi mikroskobik yüzey bozulmalarına neden olmuştur (151). Bizim çalışmamızda da bu bulguya paralel olarak başlangıç ortalama pürüzlülük değeri $53,4 \pm 5,03$; 10.000 döngü sonrası $72,9 \pm 4,84$; 30.000 döngü sonrası $83,5 \pm 6,16$ ve 50.000 döngü sonrası $103,4 \pm 5,64$ şeklinde artan veriler elde edilmiştir. Özellikle tüm kron gruplarında başlangıç ile 50.000 döngü grubu arasındaki Ra farkının yüksek olması, artan mekanik etkiyle yüzey pürüzlülüğünün belirgin şekilde arttığını ortaya koymaktadır.

Tüm etkenler birlikte incelendiğinde en yüksek Ra değerine, PRK kron grubunun AF grubu diş macunuyla 50.000 döngü fırçalanması sonrası ulaşıldığı gözlenmiştir. Uygulanan döngü sayıları, klinik koşullarda yaklaşık 1, 3 ve 5 yıllık ağız içi kullanım süresini simüle etmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, tüm materyallerde zamanla Ra değerinde artış gözlenmiş, bu artış özellikle yüksek RDA değerine sahip diş macunu ile daha belirgin hale gelmiştir. Bu bulgular, Shruthi ve arkadaşlarının ağız ortamında 3 yıldan fazla kullanılmış PÇK'lardaki morfolojik bozulmalar ve yüzey

düzensizlikleriyle örtüşmektedir. Aynı çalışmada, yüzey-hacim oranının artması, çatlaklar ve marjinal boşluklardaki genişlemeler Nano Bilgisayarlı Tomografi (Nano-CT) ile gösterilmiş; 1 yıl sonra da bazı yüzey özelliklerinde aşınmaya bağlı olarak PÇK'ların hem yapısal hem de biyolojik bütünlüğünün zamanla azaldığı belirtilmiş olsa da özellikle 3 yıldan sonra anlamlı bir fark ortaya koymuştur (191). Benzer şekilde, bizim çalışmamızda da 10.000 ve 30.000 döngü arasındaki Ra değerinde anlamlı bir fark olmadığını ancak 50.000 fırçalama döngüsü sonunda verilerde anlamlı bir fark olduğunu gösterir. Bu durum, kronların yaklaşık 3 yılın ardından yüzey özelliklerinde belirgin değişimlerin başladığını ve bu sürenin klinik ömür açısından kritik bir eşik olabileceğini düşündürmektedir.

Çalışmamızın bulgularına göre, en düşük Ra değerine ise PZK kron grubunun başlangıç ölçümü ile ulaşıldığı görülmekle birlikte diğer kron gruplarında da bir Ra değeri ölçülmüştür. Beattie ve arkadaşlarının 2011 tarihli çalışmasında veneerlenmiş kronların dayanımının oldukça yüksek olduğu, ancak üretimsel kusurların kronların ömrünü etkileyebileceği bildirilmiştir (192). Bizim çalışmamızda da, yeni kronlarda minimal düzeyde de olsa pürüzlülük gözlenmiş olup, bu durum üretim kaynaklı mikro düzeyde yüzey düzensizliklerine bağlı olabilir.

Yapılan çalışmalara göre, yüzey pürüzlülüğünün bakteriyel retansiyon açısından kritik bir rol oynadığı belirtilmiş ve 0,2 μm 'lik pürüzlülük değerinin bu anlamda bir eşik olarak kabul edildiği vurgulanmıştır. Kumar ve arkadaşlarının abutment yüzeyleri üzerine yaptıkları bir çalışmada bu değer altına inilmesi, bakteriyel tutulumda ilave bir azalma sağlamadığı gibi üstüne çıkılması durumunda plak birikiminin arttığı sonucuna varılmıştır (134,193). Ayrıca, yapılan klinik çalışmalar hastaların dil uçlarıyla 0,3–0,5 μm arasındaki yüzey pürüzlülüğü değişimlerini algılayabildiğini göstermiştir (136). Bu bağlamda çalışmamızdaki materyallerin fırçalama sonrası elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin, literatürdeki biyolojik ve algısal eşiklerle karşılaştırılması, materyallerin klinik performansı ve materyal seçimine katkı açısından anlamlı veriler sunmaktadır. Bu çalışmada bütün materyaller pürüzlülük eşik değerini aşmış olması fırçalama döngüsünün diğer çalışmalara göre daha uzun tutulmasına, AFM cihazının ucunun çok hassas ölçüm yapmasından kaynaklı minimal hatalara, kron yüzeyinin engebeli yapısına, metodolojideki uygulayıcı farklılıklarına bağlanabilir. Çalışma sonuçlarının, plak

açısından klinik uygulamalarla desteklenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, bulgularımız ebeveynlerin kron yapımı sonrası fırçalamaya gerek olmadığı ve çürük oluşmayacağı yönündeki yanlış inanışların giderilmesi açısından önem arz etmektedir. Yapılan kronların kron tipinden bağımsız olarak rutin aralıklarla kontrol edilmesi, özellikle 3 yıldan fazla ağızda olan kronların polisajlanması veya değiştirilmesi tavsiye edilebilir.

Zamanla artan yüzey pürüzlülüğün sadece estetik değil, aynı zamanda biyolojik ve mekanik performans açısından da önem taşıdığı söylenebilir. AFM, SEM ve Nano-CT gibi ileri görüntüleme tekniklerinde tespit edilen yapısal bozulmaların erken dönemde öngörülebilmesi, bu tip *in-vitro* çalışmaların klinik öngörü sağlama potansiyelini desteklemektedir (194). AFM yüzey pürüzlülüğünün sayısal ölçümünü sağlarken, SEM görüntüleri morfolojik yapının nitel değerlendirmesini mümkün kılmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada her iki yöntem birlikte kullanıldığında birbirini tamamlayıcı veriler sağlayarak yüzey özelliklerine ilişkin daha kapsamlı ve güvenilir bilgi elde edilmiştir.

PÇK grubunda AFM görüntüleri, başlangıç ölçümünde daha düz ve düşük pürüzlülüğe sahip yüzeyi göstermiştir. Fırçalamalar sonrası hafif çizik oluşumu gözlense de, Ra değerlerinde belirgin bir artış izlenmemiştir. SEM görüntülerinde ise, yüzeyde paralel çizik izleri ve yer yer matlaşma görülmüş, ancak çok derin deformasyonlar saptanmamıştır. Bu durum, metal yüzeylerin mekanik aşınmaya karşı dirençli olduğunu gösteren literatürle tutarlıdır (195).

PRK grubunda AFM görüntülerinde, fırçalama sonrası yüzeyde pürüzlülük artışı, çukur ve tepecikler tespit edilmiştir. SEM görüntüleri ise, özellikle inorganik partiküllerinin açığa çıktığı, rezin matriksin bozulduğu ve yüzeyin homojenliğini kaybettiği alanları ortaya koymuştur. Bu durum, kompozit materyallerde rezin matrisin aşınma direncinin zayıf olduğunu ve inorganik partikül rezin matris ayrışmasının sık gözlendiğini ve Ra değerini artırdığını gösteren başka bir çalışmayla paraleldir (196).

PZK grubunda ise AFM görüntülerinde, fırçalama sonrası yüzeyde hafif dalgalanmalar oluşmuş, ancak genel pürüzlülük düzeyi düşük kalmıştır. SEM görüntülerinde ise benzer olarak yapısal bütünlüğün korunduğu görülmektedir. Ancak

bazı görüntüler de aşınmanın belirgin olduğunun görülmesi zirkon kronların üst tabakalarındaki glaze katmanlarının fırçalama ve zaman içerisinde aşınabilir olduğunu ve bu durumun yüzey pürüzlülüğünü hafif de olsa artırabileceğini bildiren diğer bir çalışmada uyumlu olabilir (197). Bir diğer yandan düzgün yüzeyler görülmesinin bir diğer nedeni de aşındırıcı silika partikülleri ve fırçalama etkisiyle hem cam matris hem de zirkon içerisindeki kristaller eşit şekilde aşınmış ve görüntülerde görüldüğü üzere düzgün bir yüzey elde edilmiş olmasıyla açıklanabilir.

Genel olarak PZK ve PÇK gibi yüksek dayanıklılığı ve sertliği olan materyaller, fırçalama sonrası yüzey stabilitesini korurken, PRK örnekleri rezin matris içerdiği için belirgin yüzey bozulmaları göstermiştir. Buna benzer olarak özellikle PÇK ve PZK gibi dayanıklı materyallerde, fırçalama sonrası yüzey pürüzlülüğünde anlamlı bir artış gözlemlenmemesinin başka bir sebebi de bu materyallerin fırçalamaya karşı daha dirençli olması ve hacimsel olarak eşit oranda aşınmaları durumunda bile yüzeylerinin daha düzgün kalabilmesidir. Bu durum PZK'ların, çeşitli RDA değerlerine sahip diş macunları ile fırçalandığı ve yüzey pürüzlülüğünde sadece küçük ölçekli değişiklikler tespit edildiği bir çalışma ile uyumludur (151).

Çalışmamızın bazı limitasyonları bulunmaktadır. Bu çalışma, in-vitro ortamda gerçekleştirilmiş olup gerçek ağız içi koşulların tümünü yansıtamamaktadır. Bu koşullar arasında tükürük, sıcaklık değişimi, çiğneme kuvvetleri ve parafonksiyonel alışkanlıklar gibi okluzal streslerin yanı sıra kişinin bireysel fırçalama alışkanlıkları, fırçalama kuvveti, tekrarı ve süresi gibi birçok biyolojik ve çevresel faktör yer aldığı için bu çalışmanın sonuçları klinik durumu tam yansıtamamış olabilir. Benzer şekilde kişinin günlük diyet alışkanlıkları özellikle asidik yiyecek ve içecek tüketimiyle olan ağız içi pH dalgalanmaları ve yiyeceklerin sertliği ağız içerisindeki materyallerin yüzey özelliklerini etkilediği için bu etki de çalışmanın sınırlamaları arasındadır.

Bu çalışma, kısa süreli bir *in vitro* modelde gerçekleştirilmiş olup, uzun dönemli hasta takibini içeren klinik gözlem verilerinden yoksundur. Bu nedenle, elde edilen bulgular klinik geçerlilik açısından dikkatle değerlendirilmelidir.

Çalışmamızda yalnızca tek bir marka ve sertlik derecesine ait bir diş fırçası tercih edilmiştir. Ancak her bir birey klinik kullanımda farklı marka, tasarımda ve sertlik derecesinde diş fırçaları tercih edebilmektedir. Bu durum, fırçalama kaynaklı

materyal yüzey özelliklerini doğrudan etkileyebileceğinden, farklı fırçaların etkilerinin çalışmaya dahil edilmemesi bir sınırlılık olarak değerlendirilebilir.

Öte yandan çalışmamızda yalnızca günümüzde sık kullanılan kron restorasyonlar (PÇK, PZK, PRK) tercih edilmiş ve hem kendi aralarında hem de birbirleriyle kıyaslanmıştır. Ancak farklı restoratif materyallerin (kompozitler, amalgamlar, cam iyonomer simanlar gibi) yüzey dirençleri farklılık göstermektedir. Farklı bir restoratif materyalin çalışmaya dahil edilmemesi çalışmanın kapsamını sınırlamaktadır. Aynı zamanda çalışmada kullanılan kron restorasyonların özellikle PÇK ve PZK grubu için aynı üretici firma, PRK grubu için de tek bir üretici firma tercih edilmiştir. Ancak rezin esaslı materyallerin partikül oranı, zirkon kronlardaki kristal yapısı ve paslanmaz çelik kronlardaki nikel-krom oranları gibi içeriksel özellikler markaya göre değişiklik gösterebilir. Bu farklılıklar, yüzey aşınmasına olan direnci etkileyebileceğinden, yalnızca tek bir markaya odaklanılması ve içeriksel farklılıkların dışlanması genelleme yapılmasını kısıtlamaktadır.

Mevcut çalışmada yüzey analiz yöntemlerinden olan SEM ve AFM cihazları kullanılmıştır. Bu yöntemler yüzeyin yalnızca belirli bir bölgesini analiz eder. Ayrıca kullanılan kronların, gerçek dişin yüzeyini taklit edecek şekilde engebeli bir yapıya sahip olması nedeniyle; SEM ve AFM cihazlarının yalnızca sınırlı bir alanı tarayan hassas uçları, genel yüzey pürüzlülüğünü tam olarak yansıtamamış olabilir.

Çalışmamızın birtakım limitasyonları bulunmasına karşın, sık kullanılan pediatrik kronların farklı RDA değerlerine sahip çocuk diş macunları ile diş fırçalama simülatörü altında uzun dönem etkilerini in vitro koşullarda değerlendiren ilk kapsamlı çalışma olması açısından özgün değer taşımaktadır. Bu bağlamda; PÇK, PZK ve PRK gruplarına ait farklı RDA değerlerine sahip diş macunları ve distile su ile simüle edilmiş fırçalama uygulanarak yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri incelenmiştir. Çalışmada test edilen sıfır hipotezi (H_0), gruplar içi ve gruplar arası yüzey pürüzlülüğü değerlerinde anlamlı bir fark olmadığı yönündeydi. Ancak istatistiksel analizler sonucunda bu hipotez reddedilmiş ve alternatif hipotez (H_1) doğrultusunda; hem kullanılan diş macunu türüne, hem kron materyaline hem de fırçalama süresine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü değerlerinde anlamlı farklar olduğu ortaya konmuştur. Özellikle PRK grubunun yüzey stabilitesinin daha düşük olduğu gözlemlenmiş ve bu

materyalin kullanıldığı klinik durumlarda daha kısa takip aralıklarıyla kontrol edilmesi önerilmiştir. Öte yandan, estetik gereksinimlerin yüksek olduğu bölgelerde, yüksek yüzey dayanıklılığı ile öne çıkan PZK'ların tercih edilmesi, restorasyonun uzun ömürlülüğü açısından avantaj sağlayabilir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Bu *in-vitro* çalışmada, PÇK, PZK ve PRK arasında RDA değerleri farklı olan çocuk diş macunları ve distile su ile diş fırçalama simülatöründe uzun dönem fırçalanması sonucunda yüzey pürüzlülüğü değerleri açısından gruplar içi ve gruplar arası karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmanın istatistiksel ve görsel sonuçlarına göre test edilen sıfır hipotezi reddedilerek yüzey pürüzlülüğü değerleri açısından gruplar içi ve gruplar arasında bir farklılık vardır şeklinde belirlenen H_1 hipotezi kabul edilmiştir.

2. Çalışmada pürüzlülük değerleri açısından PRK grubunda en yüksek yüzey değişimi gözlenmiş olup, bu materyal ile bir restorasyon yapıldığında özellikle çalışmanın limitasyonları da göz önünde bulundurularak çiğneme kuvvetlerine, okluzal kuvvetlere, asidik gıdalara ve ağız hijyen ürünlerine karşı daha hassas olduğu dikkate alınarak daha kısa takip aralıklarıyla kontrol edilmesi önerilmektedir. PRK grubunun yüzey pürüzlülüğünün en fazla bulunması nedeniyle bu materyal hasta ağızında kullanıldığında plak retansiyonuna karşı polisaj yapılmalı ya da restorasyonun yenilenmesi konusunda ebeveyn bilgilendirilmelidir.

3. PÇK'ların mekanik direnci yüksek olsa da, klinik uygulama sırasında yapılan kesme, uyumlama veya cilalama işlemleri yüzey pürüzlülüğünü etkileyebileceğinden mutlaka işlem sonunda polisaj yapılmalı ve yakın zaman aralıklarında kontrol ve gerekirse yeniden polisaj önerilmektedir.

4. Mevcut çalışmanın verilerine göre, PZK grubu, fırçalama sonrası en düşük yüzey değişimi gösteren grup olarak ön plana çıkmıştır. Hem yüzey dayanıklılığı açısından hem de estetik açıdan güçlü yanları olduğundan, süt dişlerinde tercih edilmesi klinisyenlere önerilebilir.

5. Kron restorasyonlar, tüm diş dokusunu örterek diş etkenlerle diş arasındaki teması en aza indirir ve böylece dişin ağız ortamındaki sağkalım süresini artırır. Ancak bu durum, ebeveynlerde kron uygulanan dişlerin fırçalanmasına gerek olmadığı yönünde yanlış bir algı oluşturabilmektedir. Oysa ki kronların marjinal bölgelerinde plak birikimi meydana gelebilir ve bu durum diş eti inflamasyonuna yol açabilir.

Çalışmamızın bulguları da yalnızca fırçalama ve diş macunu etkisiyle dahi kron yüzeylerinde pürüzlülük artışı meydana gelebildiğini göstermektedir. Tüm bu nedenlerden ötürü ebeveynlere doğru ağız hijyeni eğitimi verilmeli ve çocuklarda kron uygulanan dişlerin de düzenli fırçalanmasının önemi mutlaka vurgulanmalıdır.

6. Çalışma bulgularına göre yüksek RDA değerindeki diş macununun genel olarak yüzey pürüzlülüğü üzerinde anlamlı bir fark oluşturduğu belirtilmiştir ($p<0,05$). Bu durum, yalnızca yapılan kron restorasyonunu değil; aynı zamanda diş dokuları ve varsa farklı restorasyonların yüzey özelliklerini de etkileyebileceğini göstermektedir. Ayrıca, yüksek aşındırıcılığa sahip diş macunlarının genellikle çay ve kahve tüketimi fazla olan yetişkinler tarafından tercih edildiği bilinmektedir. Ancak çocuk hastalarda bu tür bir tüketim sınırlı olduğundan, hem doğal diş dokusunun korunması hem de uygulanan restoratif materyallerin ömrünün uzatılması açısından, çocuklarda yaşa uygun ve düşük RDA değerine sahip diş macunlarının tercih edilmesi klinik olarak önemlidir.

7. Çalışmamızda tek marka ve aynı sertlikte bir diş fırçası kullanılmış olmasına karşın kullanılan diş fırçalarının tipi, fırçalama süresi ve fırçalama kuvveti gibi bireysel değişkenler de materyal aşınmasına katkı sağlayabilir. Bu nedenle çocuk hastalar için uygun fırça seçimi konusunda ebeveynlere bilgilendirme yapılmalıdır.

8. Çalışmamız, uzun dönemli diş fırçalama etkilerini simüle ederek fırçalama döngüsü arttıkça tüm materyallerde yüzey pürüzlülüğünün arttığını ortaya koymuştur. Bu bulgu, restoratif materyallerin zamanla mekanik aşınmaya bağlı olarak yüzey yapısında bozulmalar meydana gelebileceğini göstermektedir. Yüzey pürüzlülüğündeki bu artış, plak birikimini kolaylaştırarak diş eti sağlığını olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle uzun dönemde restoratif kron materyallerin düzenli aralıklarla kontrol edilmesi, gerekirse polisajlanması veya değiştirilmesi klinik olarak önerilir.

9. Bu çalışma, kontrollü in vitro koşullarda gerçekleştirilmiş olup gerçek ağız ortamı ve bireysel ağız hijyeni farklılıkları dışlanmış olsa da, günümüzde sık kullanılan paslanmaz çelik kron, pediatrik zirkon kron ve kullanımı giderek artan 3D baskı rezin kronları bir arada değerlendirmesi ve bu kronların farklı RDA değerlerine sahip çocuk

diş macunlarıyla uzun dönemli fırçalanmasının etkilerini karşılaştırmalı olarak incelemesi açısından literatürdeki ilk kapsamlı çalışma olup özgün değeri yüksektir. Literatürde bu alandaki veri eksikliğini önemli ölçüde dolduran bu çalışmadan elde edilen bulguların, çalışmanın limitasyonları da göz önünde bulundurularak materyal seçimi ve hasta takibi gibi klinik karar süreçlerinde faydalı olacağı ve aynı zamanda gelecekteki çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir. Restoratif materyallerin uzun dönem performansının daha sağlıklı değerlendirilebilmesi ve elde edilen verilerin klinik uygulamalara güvenle yansıtılabilmesi için, yapılacak olan daha fazla in vitro çalışmanın yanında gerçek ağız ortamını ve hasta takibini de içeren uzun süreli klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.



7. KAYNAKLAR

1. Petersen PE, Lennon MA. Effective use of fluorides for the prevention of dental caries in the 21st century: the WHO approach. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2004;32(5):319–21.
2. Cameron A, Widmer RP. Dental Caries and Restorative Paediatric Dentistry. *Handbook of Pediatric Dentistry* (1st ed), Mosby, Edinburgh, 2003:44–5.
3. Pinkham JR, Casamassimo PS. Çocuk Diş Hekimliği: Bebeklikten Ergenliğe 1. Baskı, Tulunoğlu Ö, Tortop T. Ankara, 2009.
4. Mulder R, Medhat R, Mohamed N. In vitro analysis of the marginal adaptation and discrepancy of stainless steel crowns. *Acta Biomater Odontol Scand.* 2018;4(1):20–9.
5. Seale NS. The use of stainless steel crowns. *Pediatr Dent.* 2002;24(5):501–5.
6. Ludovichetti FS, Stellini E, Signoriello AG, Difiore A, Gracco A, Mazzoleni S. Zirconia vs. stainless steel pediatric crowns: a literature review. *Minerva Dent Oral Sci.* 2021;70(3):112–8.
7. Einhorn M, DuVall N, Wajdowicz M, Brewster J, Roberts H. Preparation ferrule design effect on endocrown failure resistance. *J Prosthodont.* 2019;28(1):237–42.
8. Attin T, Hornecker E. Tooth brushing and oral health: how frequently and when should tooth brushing be performed? *Oral Health Prev Dent.* 2005;3(3):135–140.
9. Sheen S, Pontefract H, Moran J, Davies R, He T. The benefits of toothpaste: Real or imagined? The effectiveness of toothpaste in the control of plaque, gingivitis, periodontitis, calculus and oral malodour. *J Dent.* 2001;29(1):11–17.
10. Wiegand A, Burkhard JPM, Eggmann F, Attin T. Brushing force of manual and sonic toothbrushes affects dental hard tissue abrasion. *Clin Oral Investig.* 2013;17(3):815–22.
11. Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. *Lancet.* 2007;369(9555):51–9.
12. Bramantoro T, Mardiyantoro F, Irmalia WR, Kristanti RA, Nugraha AP, Noor TEBTA, Fauzi AA, Tedjosasongko U. Early childhood caries, masticatory function, child early cognitive, and psychomotor development: A narrative review. *Eur J Dent.* 2024;18(2):441–447.
13. Alaçam T, Uzel İ. Fazla madde kayıplı süt dişlerinde tedavi seçenekleri. In: *Endodonti*. Ankara: Barış Yayınları; 2000:571–609.
14. Zimmerman JA, Feigal RJ, Till MJ, Hodges JS. Parental attitudes on restorative materials as factors influencing current use in pediatric dentistry. *Pediatr Dent.* 2009;31(1):63–70.

15. Garg V, Patel A, Shah J, Panchal P. Crowns in pediatric dentistry: A review. *J Adv Med Dent Sci Res.* 2016;4(2):41–6.
16. Elqadir AJ, Shapira J, Ziskind K, Ram D. Esthetic restorations of primary anterior teeth. *Refuat Hapeh Vehashinayim.* 1993;(2):54-60, 82.
17. Humphrey WP. Use of chrome steel in children's dentistry. *Dent Surv.* 1950;26:945–9.
18. Chosack A, Eidelman E. Rehabilitation of a fractured incisor using the patient's natural crown: case report. *J Dent Child.* 1964;31:19–21.
19. Mink JR, Hill CJ. Modification of the stainless steel crown for primary teeth. *ASDC J Dent Child.* 1971;38(3):197–205.
20. Randall RC. Preformed metal crowns for primary and permanent molar teeth: review of the literature. *Pediatr Dent.* 2002;24(5):489–500.
21. Carrel R, Tanzilli R. A veneering resin for stainless steel crowns. *J Pedod.* 1989;14(1):41–4.
22. Webber DL, Epstein NB, Wong JW, Tsamtsouris A. A method of restoring primary anterior teeth with the aid of a celluloid crown form and composite resins. *Pediatr Dent.* 1979;1(4):244–6.
23. Nash DA. The nickel-chromium crown for restoring posterior primary teeth. *J Am Dent Assoc.* 1981;103(3):452–4.
24. <http://www.nusmilecrowns.com>. Erişim tarihi: 23.03.2025.
25. Sahana S, Vasa AAK, K RS. Esthetic crowns for primary teeth: a review. *Ann Essences Dent.* 2010;2(2):87–93.
26. Usha M, Deepak V, Venkat S, Gargi M. Treatment of severely mutilated incisors: A challenge to the pedodontist. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2007;25:34–6.
27. Waggoner WF, Nelson T. Restorative Dentistry for the Primary Dentition. *Pediatr Dent.* 2019;41(6):304–328.
28. Einwag J, Dunninger P. Stainless steel crown versus multisurface amalgam restorations: An 8-year longitudinal clinical study. *Quintessence Int.* 1996;27(5):321–3.
29. Anindya C. Korosi nikel pada stainless steel crown dalam saliva artifisial (lisans tezi), Universitas Airlangga, Endonezya, 2013.
30. Croll TP. Preformed posterior stainless steel crowns: an update. *Compend Contin Educ Dent.* 1999;20(2):89–94.

31. Babaji P, Patel J, KS P, Bansal A, Shetty R. Different crowns used in pediatric dentistry. *Crowns in Pediatric Dentistry* (1st ed), New Delhi, India, 2015:21.
32. Uhlen MM, Tseveenjav B, Wuollet E, Furuholm J, Ansteinsson V, Mulic A, Valen H. Stainless-steel crowns in children: Norwegian and Finnish dentists' knowledge, practice and challenges. *BMC Oral Health*. 2021;21:190.
33. Kotsanos N, Kaklamanos EG, Arapostathis K. Treatment management of first permanent molars in children with molar-incisor hypomineralisation. *Eur J Paediatr Dent*. 2005;6(4):179–84.
34. Pathak S, Shashibhushan K, Poornima P, Reddy VS. In vitro evaluation of stainless steel crowns cemented with resin-modified glass ionomer and two new self-adhesive resin cements. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2016;9(3):197.
35. Lygidakis NA, Garot E, Somani C, Taylor GD, Rouas P, Wong FSL. Best clinical practice guidance for clinicians dealing with children presenting with molar-incisor hypomineralisation (MIH): an updated European Academy of Paediatric Dentistry policy document. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2022;23(1):3–21.
36. Papathanasiou AG, Curzon ME, Fairpo CG. The influence of restorative material on the survival rate of restorations in primary molars. *Pediatr Dent*. 1994;16(4):282–8.
37. Croll TP, Helpin ML. Preformed resin-veneered stainless steel crowns for restoration of primary incisors. *Quintessence Int*. 1996;27(5):309–313.
38. Nagarathna C, Thimmegowda U, Basavarajendrappa R, Bhat P. The utility of open-faced anterior stainless steel crown restoration among pediatric dentists as a lucrative esthetic option in primary incisors. *J Pharm Sci*. 2016;5(12):156–7.
39. Wiedenfeld KR, Draughn RA, Goltra SE. Chairside veneering of composite resin to anterior stainless steel crowns: another look. *ASDC J Dent Child*. 1995;62(4):270–3.
40. Waggoner W, Cohen H. Failure strength of four veneered primary stainless steel crowns. *Pediatr Dent*. 1995;17(1):36–40.
41. Roberts C, Lee JY, Wright JT. Clinical evaluation of and parental satisfaction with resin-faced stainless steel crowns. *Pediatr Dent*. 2001;23(1):28–31.
42. Shah P, Lee JY, Wright JT. Clinical success and parental satisfaction with anterior veneered primary stainless steel crowns. *Pediatr Dent*. 2004;26(5):391–5.
43. Stewart RE, Luke LS, Pike AR. Preformed polycarbonate crowns for the restoration of anterior teeth. *J Am Dent Assoc*. 1974;88(1):103–7.
44. Venkataraghavan K, Chan J, Karthik S. Polycarbonate crowns for primary teeth revisited: Restorative options, technique and case reports. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2014;32(2):156–9.

45. Nitkin DA, Rosenberg HM, Yaari AM. An improved technique for the retention of polycarbonate crowns. *ASDC J Dent Child*.1977;44(2):108–10.
46. Citron CI. Esthetics in pediatric dentistry. *N Y State Dent J*.1995;61(2):30–3.
47. Drummond B. Restoration of primary anterior teeth with composite crowns. *N Z Dent J*.1993;89(397):4–8.
48. Kupietzky A. Bonded resin composite strip crowns for primary incisors: clinical tips for a successful outcome. *Pediatr Dent*. 2002;24(2):145–8.
49. Karuna YM, Shenoy R, Rao A, Rao S. D, Nayak PA. A better choice for primary anterior tooth restoration between strip crowns and zirconia crowns: A narrative review. *Indian J Forensic Med Toxicol*. 2021;15(2):663–667.
50. Tate A, Ng MW, Needleman HL, Acs G. Failure rates of restorative procedures following dental rehabilitation under general anesthesia. *Pediatr Dent*. 2002;24(1):69–71.
51. Daniels LM, Sim JM, Simon JF. Plastics in pedodontics. *Dent Clin North Am*. 1966;10(2):365–75.
52. Mete A. Süt azı dişlerinde CAD/CAM yöntemiyle hazırlanan kuronların in vitro şartlarda karşılaştırılması. *Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum*, 2014:3–134.
53. Rekow ED. Digital dentistry: The new state of the art – Is it disruptive or destructive? *Dent Mater*. 2020;36(1):9–24.
54. Blatz MB. The current state of chairside digital dentistry and materials. *Dent Clin North Am*. 2019;63(2):175–97.
55. Christensen GJ. Computerized restorative dentistry: State of the art. *J Am Dent Assoc*.2001;132(9):1301–3.
56. Dursun E, Monnier-Da Costa A, Moussally C. Chairside CAD/CAM composite onlays for the restoration of primary molars. *J Clin Pediatr Dent*.2018;42(5):349–53.
57. Demirel A, Bezgin T, Akaltan F, Sarı Ş. Resin nanoceramic CAD/CAM restoration of the primary molar: 3-year follow-up study. *Case Rep Dent*.2017:1–5.
58. Mourouzis P, Arhakis A, Tolidis K. Computer-aided design and manufacturing crown on primary molars: An innovative case report. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2019;12(1):76–8.
59. Mittal HC, Goyal A, Gauba K, Kapur A. Clinical performance of indirect composite onlays as esthetic alternative to stainless steel crowns for rehabilitation of a large carious primary molar. *J Clin Pediatr Dent*. 2016;40(5):345–50.
60. Liu P. A panorama of dental CAD/CAM restorative systems. *Compend Contin Educ Dent*. 2005;26(7):499–508.

61. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials*.1999; 20(1):1–25.
62. Denry I, Holloway JA. Ceramics for dental applications: a review. *Dent Mater*. 2010;26(3):1–11.
63. Tote JV, Godhane A, Das G, Soni S, Jaiswal K, Vidhale G. Posterior esthetic crowns in pediatric dentistry. *Int J Dent Med Res*. 2015;1(6):1–5.
64. Holsinger DM, Wells MH, Scarbecz M, Donaldson M. Clinical evaluation and parental satisfaction with pediatric zirconia anterior crowns. *Pediatr Dent*. 2016;38(3):192–7.
65. Lopez Cazaux S, Hyon I, Prud'homme T, Trutaud SD. Twenty-nine-month follow-up of a paediatric zirconia dental crown. *BMJ Case Rep*.2017;bcr-2017-219891.
66. Jakubovics N, Goodman S, Mashburn-Warren L, Stafford G, Cieplik F. The dental plaque biofilm matrix. *Periodontol* 2000. 2021;86(1):32–56.
67. Bernimoulin JP. Recent concepts in plaque formation. *J Clin Periodontol*.2003;30 Suppl 5:7-9.
68. Marsh PD. Microbiology of dental plaque biofilms and their role in oral health and caries. *Dent Clin North Am*.2010;54(3):441–54.
69. Mandal A, Singh D, Siddiqui H, Das D, Dey A. New dimensions in mechanical plaque control: an overview. *Indian J Dent Sci*.2017;9(2):133–6.
70. McGrath C, Zhou N, Wong HM. A systematic review and meta-analysis of dental plaque control among children and adolescents with intellectual disabilities. *J Appl Res Intellect Disabil*. 2019;32(3):522–32.
71. McDonald RE, Avery DR, Dean JA. *Dentistry for the child and adolescent* 8th ed. Mosby,Indian,2004:1–992.
72. Haffajee AD, Smith C, Torresyap G, Thompson M, Guerrero D, Socransky SS. Efficacy of manual and powered toothbrushes (II). Effect on microbiological parameters. *J Clin Periodontol*. 2001;28(10):947–54.
73. Dörter C, Ulu O, Can Yaman B, Efes BG, Gömeç Y, Çilingir A, ve ark. Mikro titreşimli diş fırçasının plak kaldırma etkinliğinin in vivo değerlendirilmesi. *J Istanbul Univ Fac Dent*. 2011;45(2):81–7.
74. Köse S, Güven D, Mert E, Eraslan E. 12–13 yaş grubu çocuklarda oral hijyen eğitiminin etkinliği. *Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi*. 2010;13(2):44–52.
75. Kerlinger FN. *Foundations of behavioral research: Educational and psychological inquiry*. Holt, Rinehart and Winston, New York,1965.

76. Gaffar A, Afflitto J, Nabi N. Chemical agents for the control of plaque and plaque microflora: an overview. *Eur J Oral Sci.* 1997;105(5):502–7.
77. Hawley GM, Hamilton FA, Worthington HV, Davies RM, Holloway PJ, Davies TGH. A 30-month study investigating the effect of adding triclosan/copolymer to a fluoride dentifrice. *Caries Res.* 1995;29(3):163–7.
78. Shapiro S, Giertsen E, Guggenheim B. An in vitro oral biofilm model for comparing the efficacy of antimicrobial mouthrinses. *Caries Res.* 2002;36(2):93–100.
79. Quirynen M, Teughels W, De Soete M, Van Steenberghe D. Topical antiseptics and antibiotics in the initial therapy of chronic adult periodontitis: microbiological aspects. *Periodontol 2000.* 2002;28:72–90.
80. Lopez L, Berkowitz R, Zlotnik H, Moss M, Weinstein P. Topical antimicrobial therapy in the prevention of early childhood caries. *Pediatr Dent.* 1999;21(1):9–11.
81. Decker EM, von Ohle C, Weiger R, Wiech I, Brex M. A synergistic chlorhexidine/chitosan combination for improved antiplaque strategies. *J Periodontal Res.* 2005;40(5):373–7.
82. Holme K. Chitosan N-sulfate: A water-soluble polyelectrolyte. *Carbohydr Polym.* 1997;32(4):271–6.
83. Sugimoto M, Morimoto M, Sashiwa H, Saimoto H, Shigemasa Y. Preparation and characterization of water-soluble chitin and chitosan derivatives. *Carbohydr Polym.* 1998;36(1):49–59.
84. Guo J, Shu L. Antimicrobial activity of a low-molecular-weight chitosan obtained from cellulase digestion of chitosan. *J Appl Polym Sci.* 2004;93(6):2771–6.
85. Stookey GK. Critical evaluation of the composition and use of topical fluorides. *J Dent Res.* 1990;69:805–12.
86. Hargreaves JA, Thompson GW, Wagg BJ. Changes in caries prevalence of Isle of Lewis children between 1971 and 1981. *Caries Res.* 1983;17(6):554–7.
87. Jenkins GN. Recent changes in dental caries. *Br Med J (Clin Res Ed).* 1985;291(6505):1297–8.
88. Lopez L, Berkowitz R, Spiekerman C, Weinstein P. Topical antimicrobial therapy in the prevention of early childhood caries: A follow-up report. *Pediatr Dent.* 2002;24(3):204–6.
89. Tarsi R, Muzzarelli RAA, Guzmàn CA, Pruzzo C. Inhibition of *Streptococcus mutans* adsorption to hydroxyapatite by low-molecular-weight chitosans. *J Dent Res.* 1997;76(2):665–72.
90. Shibasaki K, Sano H, Matsukubo T, Takaesu Y. Effects of low molecular chitosan on pH changes in human dental plaque. *Bull Tokyo Dent Coll.* 1994;35(4):231–6.

91. Reynolds EC, Cain CJ, Webber FL, Black CL, Riley PF, Johnson IH, et al. Anticariogenicity of calcium phosphate complexes of tryptic casein phosphopeptides in the rat. *J Dent Res*. 1995;74(6):1272–9.
92. Reynolds EC. Casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate: The scientific evidence. *Adv Dent Res*. 2009;21(1):25–9.
93. Elbek Ç, Çubukçu ÇE, ve ark. Çocuklarda diş çürüğünden korunmada florid uygulamalarının yeri. *Güncel Pediatri*. 2005;3(3).
94. Bulut M, Yıldırım S, Ulukapı İ. Diş macunları ve flor. In: Menteş A, editor. *Diş Hekimliğinde Flor*, 1. baskı, Türkiye Klinikleri, Ankara, 2020:42–7.
95. Lambrecht JT, Lutz IH. Topical applications and the mucosa. In: Buzalaf MAR, editor. *Fluoride and the Oral Environment*, 1. baskı, Karger, Basel, 2011:107–15.
96. Hattab, F. The state of fluorides in toothpastes. *J Dent*. 1989;17(2), 47–54.
97. Joiner A. Whitening toothpastes: A review of the literature. *J Dent*. 2010;38(Suppl 2):17–24.
98. Türker ŞB, Biskin T. Effect of three bleaching agents on the surface properties of three different esthetic restorative materials. *J Prosthet Dent*. 2003;89(5):466–73.
99. Claydon NCA, Moran J, Bosma ML, Shirodaria S, Addy M, Newcombe RG. Clinical study to compare the effectiveness of a test whitening toothpaste with a commercial whitening toothpaste at inhibiting dental stain. *J Clin Periodontol*. 2004;31(12):1088–91.
100. Eppler M, Meyer F, Enax J. A critical review of modern concepts for teeth whitening. *Dent J (Basel)*. 2019;7(3):79.
101. Lu Y. Humectancies of d-tagatose and d-sorbitol. *Int J Cosmet Sci*. 2001;23(2):115–120.
102. Liebenberg W. Another white lie? *J Esthet Restor Dent*. 2006;18(3):155–60.
103. Forward GC, James AH, Barnett P, Jackson RJ. Gum health product formulations: what is in them and why? *Periodontol* 2000. 1997;15(1):32–9.
104. Köseoğlu M, Ayhancı T, Nacar ET, Kelle A, Coşkun H, Akyol M, ve ark. Yetişkin bireylerin diş macunu seçim kriterlerinin incelenmesi. *J Biotechnol Strateg Health Res*. 2019;3(2):91-95.
105. Dağ C, Özalp N. Ağız-diş sağlığının vazgeçilmezi: diş macunları. *Acta Odontol Turc*. 2013;30(3):149–56.
106. Lippert F. An introduction to toothpaste – its purpose, history and ingredients. In: Joiner A, editor. *Toothpastes*, 1. baskı, Springer, Heidelberg, 2013:1–14.

107. Rajendiran M, Trivedi HM, Chen D, Gajendrareddy P, Chen L. Recent development of active ingredients in mouthwashes and toothpastes for periodontal diseases. *Molecules*. 2021;26(7):2070.
108. Addy M, Dowell P. Dentine hypersensitivity: A review – clinical and in vitro evaluation of treatment agents. *J Clin Periodontol*. 1983;10(4):351–63.
109. Du MQ, Bian Z, Jiang H, Greenspan DC, Burwell AK, Zhong J, et al. Clinical evaluation of a dentifrice containing calcium sodium phosphosilicate (NovaMin) for the treatment of dentin hypersensitivity. *Am J Dent*. 2008;21(4):210–4.
110. West NX, Moran JM. Home-use preventive and therapeutic oral products. *Periodontol 2000*. 2008;48(1):91–115.
111. Hefferren JJ. A laboratory method for assessment of dentifrice abrasivity. *J Dent Res*. 1976;55(4):563–73.
112. Hefferren JJ. Historical view of dentifrice functionality methods. *J Clin Dent*. 1998;9(3):53–6.
113. Addy M, Hughes J, Pickles MJ, Joiner A, Huntington E. Development of a method in situ to study toothpaste abrasion of dentine: Comparison of two products. *J Clin Periodontol*. 2002;29(10):900.
114. Enax J, Eppele M. Die Charakterisierung von Putzkörpern in Zahnpasten The characterization of abrasives in toothpastes. *Dtsch Zahnärztl Z*. 2018;73(2):91–7.
115. International Organization for Standardization (ISO) (2010). ISO 11609: Dentistry – Toothpastes – Requirements, test methods and marketing. Geneva: ISO.
116. Schemehorn BR, Moore MH, Putt MS. Abrasion, polishing, and stain removal characteristics of various commercial dentifrices in vitro. *J Clin Dent*. 2011;22(1):11–8.
117. Choi D, Nam O. Change in surface of primary tooth using different type of dentifrice. *J Korean Acad Pediatr Dent*. 2014;41(2):146–154.
118. Kuşcu ÖÖ, Akyüz S. Koruyucu diş hekimliği uygulamaları içinde çocuk diş macunu ve kremlerin rolü. *Türkiye Klin Restor Dent-Special Topics*. 2020;6(2):5–9.
119. Cvikl B, Lussi A, Moritz A, Gruber R. Dentifrices for children differentially affect cell viability in vitro. *Clin Oral Investig*. 2017;21(1):453–61.
120. Stovell AG, Newton BM, Lynch RJ. Important considerations in the development of toothpaste formulations for children. *Int Dent J*. 2013;63 Suppl 2(Suppl 2):57–63.
121. Gündoğan BT, Peker S. Çocuklarda doğru diş macunu seçimi ve kullanımı. In: Menteş A, editör. *Diş Macun ve Kremleri*, 1. baskı, Türkiye Klinikleri, Ankara, 2020:128–35.

122. Toumba KJ, Twetman S, Splieth C, Parnell C, van Loveren C, Lygidakis N. Guidelines on the use of fluoride for caries prevention in children: An updated EAPD policy document. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2019;20(6):507–16.
123. Claydon NC. Current concepts in toothbrushing and interdental cleaning. *Periodontol 2000*. 2008;48:10–22.
124. Lewis R, Dwyer-Joyce RS, Pickles MJ. Interaction between toothbrushes and toothpaste abrasive particles in simulated tooth cleaning. *Wear*. 2004;257(3):368–76.
125. British Standards Institution. BS 5757: Determination of stiffness of the tufted area of toothbrushes. London: BSI; 1987.
126. Heintze SD, Forjanic M, Ohmiti K, Rousson V. Surface deterioration of dental materials after simulated toothbrushing in relation to brushing time and load. *Dent Mater*. 2010;26(4):306–12.
127. Lea SC, Khan A, Patanwala HS, Landini G, Walmsley AD. The effects of load and toothpaste on powered toothbrush vibrations. *J Dent*. 2007;35(6):558–63.
128. Oliveira LM, Pelissari TR, Oliveira MDM, Oliveira CLM. Is chewable toothbrush effective in terms of dental plaque reduction in children? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Dent Hyg*. 2023;21(2):398–408.
129. Lang T, Staufer S, Jennes B, Gaengler P. Clinical validation of robot simulation of toothbrushing comparative plaque removal efficacy. *BMC Oral Health*. 2014;14:82.
130. Arnold M, Trost G. Dependence of the brushing effect on different forms of the toothbrush head. *Dtsch Stomatol*. 1972;22(1):46–53.
131. Al Khuraif AA. An in vitro evaluation of wear and surface roughness of particulate filler composite resin after tooth brushing. *Acta Odontol Scand*. 2014;72(8):977–83.
132. Cerci BB, Roman LS, Guariza-Filho O, Camargo ES, Tanaka OM. Dental enamel roughness with different acid etching times: Atomic force microscopy study. *Eur J Gen Dent*. 2012;1(3):187–91.
133. Correr AB, Sinhoreti MAC, Correr Sobrinho L, Tango RN, Schneider LFJ, Consani S. Effect of the increase of energy density on Knoop hardness of dental composites light-cured by conventional QTH, LED and xenon plasma arc. *Braz Dent J*. 2005;16(3):218–24.
134. Bollen 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. *Dent Mater*. 1997;13(4):258–69.
135. Song F, Koo H, Ren D. Effects of material properties on bacterial adhesion and biofilm formation. *J Dent Res*. 2015;94(8):1027–34.

136. Jones CS, Billington RW, Pearson GJ. The in vivo perception of roughness of restorations. *Br Dent J.* 2004 196(1):42-5.
137. Erkli H, Ersöz E. Farklı flor jellerin rezin materyallerin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin karşılaştırılması. *GÜ Diş Hek Fak Derg.* 2012;29(2):79-85.
138. Zinelis S, Eliades T, Eliades G, Makou M, Silikas N. Comparative assessment of the roughness, hardness, and wear resistance of aesthetic bracket materials. *Dent Mater.* 2005;21(9):890-4.
139. Field J, Waterhouse P, German M. Quantifying and qualifying surface changes on dental hard tissues in vitro. *J Dent.* 2010;38(3):182-90.
140. Song HW, Kwon SJ. Evaluation of chloride penetration in high performance concrete using neural network algorithm and micro pore structure. *Cem Concr Res.* 2009;39(9):814-24.
141. 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. *J Mater Sci Mater Med.* 2007;18(1):155-63.
142. 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. *Oper Dent.* 2006;31(1):39-46.
143. Jefferies SR. The art and science of abrasive finishing and polishing in restorative dentistry. *Dent Clin North Am.* 1998;42(4):613-27.
144. Heintze SD, Forjanic M, Rousson V. Surface roughness and gloss of dental materials as a function of force and polishing time in vitro. *Dent Mater.* 2006;22(2):146-65.
145. He H, Kirilak Y. Application of SEM and EDX in studying biomineralization in plant tissues. *Methods Mol Biol.* 2014;1117:663-75.
146. Blanchard CR. Atomic force microscopy. *Chem Educator.* 1996;1(5):1-8.
147. Poon CY, Bhushan B. Comparison of surface roughness measurements by stylus profiler, AFM and non-contact optical profiler. *Wear.* 1995;190(1):76-88.
148. Silikas N, Watts DC, England KER, Jandt KD. Surface fine structure of treated dentine investigated with tapping mode atomic force microscopy (TMAFM). *J Dent.* 1999;27(2):137-44.
149. Gadegaard N. Atomic force microscopy in biology: technology and techniques. *Biotech Histochem.* 2006;81(2-3):87-97.
150. <https://iabdm.org/is-your-toothpaste-too-abrasive/>. Erişim tarihi:15.04 2025.

151. Shin BW, Donaldson M, Morrow BR, Ragain JC, Garcia-Godoy F, Roberts J. Surface roughness of prefabricated pediatric zirconia crowns following simulated toothbrushing. *Pediatr Dent.* 2022;44(5):363–70.
152. Goldstein GR, Lerner T. The effect of toothbrushing on a hybrid composite resin. *J Prosthet Dent.* 1991;66(4):498–500.
153. Arunima A, Ahuja V. Crowns for paediatric teeth: Stainless steel crown. *J Dent Paediatr.* 2021;3(1):20–25.
154. Waggoner WF. Restoring primary anterior teeth. *Pediatr Dent.* 2004;26(2):132–7.
155. Holan G, Fuks AB, Ketlz N. Success rate of formocresol pulpotomy in primary molars restored with stainless steel crown vs amalgam. *Pediatr Dent.* 2002;24(3):212–6.
156. Walia T, Salami AA, Bashiri R, Hamoodi OM, Rashid F. A randomised controlled trial of three aesthetic full-coronal restorations in primary maxillary teeth. *Eur J Paediatr Dent.* 2014;15(2):113–8.
157. Vaghela LL, Patel MC, Bhatt RK, Patel CN, Joshi K. Clinical performance and parental satisfaction with composite strip crown and prefabricated zirconia crown for primary anterior teeth: a randomized clinical trial. *J Contemp Dent Pract.* 2021;22(12):1462–1470.
158. Bataweel OO, Roulet JF, Rocha MG, Zoidis P, Pereira P, Delgado AJ. Effect of simulated tooth brushing on surface roughness, gloss, and color stability of milled and printed permanent restorative materials. *J Esthet Restor Dent.* 2025; 37(7):1773-1783.
159. Revilla-León M, Özcan M. Additive manufacturing technologies used for processing polymers: current status and potential application in prosthetic dentistry. *J Prosthodont.* 2019;28(2):146–58.
160. Moll K, Fritzsch A. In vitro comparison of dentin bonding systems: effect of testing method and operator. *Quintessence Int.* 2004;35(4):308–15.
161. Yazici AR, Kiremitçi A, Çelik Ç, Özgünlaltay G, Dayangaç B. A two-year clinical evaluation of pit and fissure sealants placed with and without air abrasion pretreatment in teenagers. *J Am Dent Assoc* 2006;137(10):1401–5.
162. Ferracane JL. *Materials in Dentistry: Principles and Applications.* 3. baskı, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2011:1–384.
163. Pitts NB, Baez RJ, Diaz-Guallory C, Holmgren C. Early Childhood Caries: IAPD Bangkok Declaration. *Int J Paediatr Dent* 2017;27(3):198–200.
164. Poyato-Ferrera M, Segura-Egea JJ, Bullón-Fernández P. Comparison of modified Bass technique with normal toothbrushing practices for efficacy in supragingival plaque removal. *Int J Dent Hyg* 2003;1(2):110–4.

165. Heintze SD. How to qualify and validate wear simulation devices and methods. *Dent Mater* 2006;22(8):712–34.
166. Pitroda A, Sahu SK, Dani A, Jain S, Satfale S, Birajdar K. Evaluation of effect of tooth brushing on the surface roughness of different implant superstructure materials: an in vitro study. *Res J Dent Sci*. 2024;16(3):31–36.
167. van der Weijden GA, Slot DE. Oral hygiene in the prevention of periodontal diseases: the evidence. *Periodontol 2000*. 2015;67(1):86–98.
168. Meriç G, Ruyter IE. Influence of thermal cycling on flexural properties of composites reinforced with unidirectional silica-glass fibers. *Dent Mater*. 2008;24(8):1050–7.
169. Botelho Do Amaral FL, Colucci V, De Souza-Gabriel AE, Chinelatti MA, Palma-Dibb RG, Corona SAM. Adhesion to Er:YAG laser-prepared dentin after long-term water storage and thermocycling. *Oper Dent*. 2008;33(1):51–8.
170. De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K, et al. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res*. 2003;82(2):136–40.
171. Sakae LO, Renzo ALM, Viana IEL, Niemeyer SH, Carvalho TS, Scaramucci T. Impact of different brushing/abrasion protocols on erosive tooth wear for in vitro studies. *Arch Oral Biol* 2023;148:105657.
172. Lippert F, Arrageg MA, Eckert GJ, Hara AT. Interaction between toothpaste abrasivity and toothbrush filament stiffness on the development of erosive/abrasive lesions in vitro. *Int Dent J*. 2017;67(6):344–50.
173. Arnold WH, Gröger C, Bizhang M, Naumova EA. Dentin abrasivity of various desensitizing toothpastes. *Head Face Med*. 2016;12:16.
174. Kakaboura A, Rahiotis C, Zinelis S, Al-Dhamadi YA, Silikas N, Watts DC. In vitro characterization of two laboratory-processed resin composites. *Dent Mater*. 2003;19(5):393–8.
175. Grossman ES, Rosen M, Cleaton-Jones PE, et al. Scientific surface roughness values for resin based materials. *J S Afr Dent Assoc*. 2004;59(7):274, 276, 278–9.
176. Rosentritt M, Schneider-Feyrer S, Kurzendorfer L. Comparison of surface roughness parameters Ra/Sa and Rz/Sz with different measuring devices. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2024 Feb;150:106349.
177. Yilmaz N, Avcı G, Ozkaya S, Tüzüner T, Baygin O. Comparison of the abrasive effects of children's toothpaste on glass ionomer cement. *Pediatr Dent J*. 2021;31(2):145–51.

178. Kocher T, Langenbeck N, Rosin M, Bernhardt O. Methodology of three-dimensional determination of root surface roughness. *J Periodontal Res.* 2002 ;37(2):125–31.
179. Jeong MJ, Cho HA, Kim SY, Kang KR, Lee EB, Lee YJ, et al. Effect of ultra-soft and soft toothbrushes on the removal of plaque and tooth abrasion. *J Dent Hyg Sci.* 2018;18(3):164–71.
180. Arat EM, Özmen B, Altun C. Çocuk diş macunlarının süt dişi mine yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin in vitro olarak değerlendirilmesi. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg.* 2016;26(1):1–7.
181. Alves KM, Pessan JP, Buzalaf MA, Delbem AC. Short Communication: In vitro evaluation of the abrasiveness of acidic dentifrices. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2009;10 Suppl 1:43–5.
182. Davies R, Scully C, Preston AJ. Dentifrices – An update. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2010;15(6):976-82.
183. Churchley D, Schemehorn BR. In vitro assessment of a toothpaste range specifically designed for children. *Int Dent J.* 2013;63 Suppl 2:48–56.
184. Chalkidis J, Barke S, Rohland B, Schmidt A, Kanzow P, Wiegand A. In vitro study on the preventive effect of children's toothpastes on erosive tooth wear of primary bovine enamel and dentin. *Sci Rep.* 2023;13(1):10884.
185. Hooper S, West NX, Pickles MJ, Joiner A, Newcombe RG, Addy M. Investigation of erosion and abrasion on enamel and dentine: A model in situ using toothpastes of different abrasivity. *J Clin Periodontol.* 2003;30(9):802–8.
186. Fujii K, Arikawa H, Kanie T, Ban S. Toothbrush abrasion of paint-on resins for shade modification and crown resins: effect of water absorption. *Dent Mater J.* 2004;23(2):223–9.
187. Sampaio NAS, Silva JWJ, Acciari HA, Nakazato RZ, Codaro EN, Felipe H de. Influence of Ni and Cr content on corrosion resistance of Ni-Cr-Mo alloys for fixed dental prostheses in 0.05% NaF aqueous solution. *Materials Sci Appl.* 2010;1(6):369–72.
188. Silva JWJ, Sousa LL, Acciari H, Sampaio NA, Codaro EN. Corrosion of Ni-Cr-Mo alloys for fixed dental prostheses in an aqueous solution of 0.05% NaF and in commercial mouthwashes by means of EIS. *IOSR J Eng.* 2014;4(4):1–11.
189. Mahfouz SMO, El-Desouky SS, El-Saady Badawy R, Hadwa SM, Ali Abdel Latif RM. Qualitative surface roughness of lithium disilicate endo-crown for pulpotomized primary molars. *Sci Rep.* 2024;14(1):18640.
190. Alali M, Silikas N, Satterthwaite J. The effects of toothbrush wear on the surface roughness and gloss of resin composites with various types of matrices. *Dent J (Basel)* 2021;9(1):5.

191. Shruthi DR, Syam S, Ramesh R. Evaluating the aging of stainless steel crowns: Volumetric and morphological insights from nano-computed tomography imaging. *Int J Clin Pediatr Dent* 2025;18(4):375–82.
192. Beattie S, Taskonak B, Jones J, Chin J, Sanders B, Tomlin A, et al. Fracture resistance of 3 types of primary esthetic stainless steel crowns. *J Can Dent Assoc* 2011;77:b90.
193. Kumar HO, Nair VV, Janardanan K, Zeenath I, Author C, Femil Jilta C, et al. Comparative evaluation of surface roughness of three different dental implant abutments using atomic force microscopy: An in vitro study. *Int J Appl Dent Sci* 2020;6(3):643–7.
194. Constantoudis V, Boulousis G, Ellinas K, Gogolides E. Model-aided hybrid metrology for surface roughness measurement fusing AFM and SEM data. In: 17th International Congress of Metrology, CIM 2015; 2015 Sep 21. p. 14005.
195. Meyer K, Lie T. Root surface roughness in response to periodontal instrumentation studied by combined use of microroughness measurements and scanning electron microscopy. *J Clin Periodontol*. 1977;4(2):77-91.
196. Ruivo MA, Pacheco RR, Sebold M, Giannini M. Surface roughness and filler particles characterization of resin-based composites. *Microsc Res Tech*. 2019;82(10):1756–67.
197. Sehovic E, Ioannidis A, Hämmerle CH, Özcan M, Mühlemann S. Effect of tooth brush abrasion on the color, gloss and surface roughness of internally and externally stained monolithic ceramic materials. *J Prosthodont Res*. 2022;66(2):303-311.

8. EKLER

EK-1: ETİK KURUL ONAYI

T.C.
AFYONKARAHİSAR SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
MÜDAHALE OLMAYAN BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

Toplantı Tarihi	04.10.2024	Toplantı Numarası	2024/8	Toplantı Saati	09:30
-----------------	------------	-------------------	--------	----------------	-------

340- Doç. Dr. Burcu GÜÇYETMEZ TOPAL'ın sorumluluğunda yürütülecek olan “**Üç Farklı Pediatrik Kronun Farklı Aşındırıcılığa Sahip Diş Macunlarıyla Fırçalanması Sonrası Yüzey Pürüzlüklerinin İn-vitro Değerlendirilmesi**” konulu **Müdahale Olmayan** Bilimsel Araştırmalar için başvuru dosyası incelendi. Araştırma protokolüne uyularak, Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Müdahale Olmayan Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu Yönergesinde belirtilen hususlar yerine getirilmek ve sorumluluk araştırmacılara ait olmak üzere araştırmanın yapılmasında etik sakınca olmadığına toplantıya katılan üyelerin **oy birliği** ile karar verildi.

