

T.C.
ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

İRRİGASYON SOLÜSYONLARININ FARKLI PROTAPER EĞE
JENERASYONLARININ YÜZEY TOPOGRAFİSİNE ETKİSİ:
AFM VE SEM ÇALIŞMASI

UZMANLIK TEZİ

Arş. Gör. Kemal Can ÇALIOĞLU

ZONGULDAK
2025

T.C.
ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

İRRİGASYON SOLÜSYONLARININ FARKLI PROTAPER EĞE
JENERASYONLARININ YÜZEY TOPOGRAFİSİNE ETKİSİ:
AFM VE SEM ÇALIŞMASI

Arş. Gör. Kemal Can ÇALIOĞLU

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Sibel KOÇAK

ZONGULDAK
2025

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca kendisinden hem mesleki hem insani sayısız şey öğrendiğim, tez çalışmam süresince bilgi birikimini ve tecrübesini sonuna kadar yanımda hissettiğim, her ne kadar yoğun olursa olsun kapısını tıkladığım zaman beni hiçbir zaman geri çevirmeyip sorunumu anında çözen, öğrencisi olduğum ve onunla çalışabilme imkanına sahip olduğum için kendimi çok şanslı hissettiğim çok değerli hocam Prof. Dr. Sibel KOÇAK’a,

Uzmanlık eğitimim süresince bana değerli mesleki bilgilerini ve tecrübelerini cömertçe sunan, destekleriyle her zaman yanımda olan saygıdeğer hocalarım Sayın Prof. Dr. Mustafa Murat KOÇAK, Sayın Prof. Dr. Baran Can SAĞLAM, Sayın Prof. Dr. Sevinç AKTEMUR TÜRKER ve Sayın Prof. Dr. Emre BODRUMLU’ya,

Asistanlık hayatımın en güzel ve anlamlı yanı olan biricik eşim Duygu AKSOY ÇALIOĞLU’na

Uzmanlık eğitimine birlikte başladığım, bu zor yolda beraber olmaktan keyif aldığım, eşkıdemlerim Dt. Elif YILDIZ, Dt. Rumeysa OĞUZ, Dt. Tarık AÇIKGÖZ ve Dt. Zeynep KAÇMAZ’a

Kendisinden çok şey öğrendiğim değerli kıdemlim Dt. Abdullah OBAİD’e, diğer tüm asistan arkadaşlarıma ve tüm klinik personeline,

Varlıklarıyla bana daima güç veren, beni her daim özel hissettiren, bugünlere gelmemde sayısız emekleri olan, çocukları olmaktan büyük onur ve mutluluk duyduğum canım annem Ayşe ÇALIOĞLU’na canım babam Bülent ÇALIOĞLU’na ve kardeşlerim Kaan ÇALIOĞLU ile KORAY ÇALIOĞLU’na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kemal Can ÇALIOĞLU

EKİM, 2025

ÖZET

Kemal Can ÇALIOĞLU. İrrigasyon Solüsyonlarının Farklı ProTaper Eğe Jenerasyonlarının Yüzey Topografisine Etkisi: AFM ve SEM Çalışması. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Zonguldak, 2025.

Endodontik tedavinin temel amacı, kök kanal sisteminin şekillendirilmesi, etkin bir şekilde temizlenmesi ve hermetik olarak doldurulmasıdır. Geçmişte şekillendirme için paslanmaz çelik el aletleri, gates glidden kullanılırken günümüzde nikel-titanyum (Ni-Ti) döner enstrümanlar kullanılmaktadır. Teknolojik gelişmeler sonucu farklı işlemler görmüş çeşitli döner enstrümanlar üretilmiştir. Ni-Ti enstrümanların sunduğu çeşitli avantajlara rağmen, klinik uygulamalarda zaman zaman öngörülemeyen kırılmalar meydana gelmektedir. Bu kırılmalar kök kanal tedavisinin akıbetini negatif etkileme potansiyeline sahiptir.

Kök kanal tedavisinde, şekillendirme ve etkin irrigasyon ayrılmaz bir bütündür. Mekanik preparasyon esnasında Ni-Ti enstrümanlar irrigasyon solüsyonlarına temas ederler. İrrigasyon solüsyonlarının koroziv özellikleri eğe yüzeyinde deformasyon oluşturabilir. Bu korozyon, aletlerin beklenmeyen erken kırılmalarına sebep olabilir.

Bu çalışmanın amacı; NaOCl, EDTA ve HEDP-NaOCl karışımının, farklı ProTaper eğelerinin (ProTaper Universal, ProTaper Next, ProTaper Gold ve ProTaper Ultimate) yüzey pürüzlülüğüne etkisinin incelenmesidir. Her eğe grubundan birer adet paketinden yeni çıkarılmış eğe kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Her bir irrigasyon solüsyonuna eğe gruplarından üçer adet eğe 5 dakika maruz bırakılmıştır. Örneklerin yüzey topografisi atomik kuvvet mikroskobu (AFM) ile analiz edilmiştir. Analiz sonucu eğe yüzeylerinin Ra ve RMS değerleri ile 3 boyutlu görüntüleri elde edildi. Elde edilen sonuçlar SEM görüntüleri ile desteklendi.

İrrigasyon solüsyonlarına maruziyet sonucu eğelerin yüzey pörözitesinde artış meydana geldi. ProTaper Next sistemi irrigasyon ajanlarından en çok etkilenen eğe grubu oldu. ProTaper Universal ve ProTaper Ultimate eğeleri benzer yüzey özellikleri gösterdi.

Tüm bu veriler değerlendirildiğinde, irrigasyon solüsyonlarının eğe yüzeylerinde korozyona neden olmaktadır. Bu sebeple olası klinik hataları önlemek amacıyla, eğelerin deformasyona neden olabilecek etkenlerin klinisyenler tarafından değerlendirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yüzey Analizi, ProTaper Universal, ProTaper Next, ProTaper Gold, ProTaper Ultimate, Atomik Kuvvet Mikroskobu



ABSTRACT

Kemal Can ÇALIOĞLU. Effect of irrigation solutions on surface topography of various generations of ProTaper Instruments, Zonguldak Bulent Ecevit University, Faculty of Dentistry, Department of Endodontics, Master Thesis, Zonguldak, 2025

The primary objective of endodontic treatment is the shaping, effective cleaning and hermetic obturation of the root canal system. In the past, hand instruments which made from stainless stell and Gates Glidden drills were commonly used for canal shaping; however, today, nickel-titanium (NiTi) rotary instruments have become the standard. As a result of technological advancements, various rotary instruments with different manufacturing processes have been developed. Despite the numerous advantages offered by Ni-Ti instruments, unpredictable fractures may occasionally occur during clinical use. Such fractures have the potential to negatively affect the outcome of root canal treatment.

In root canal treatment, shaping and effective irrigation are inseparable components. During mechanical preparation, NiTi instruments come into contact with irrigation solutions. The corrosive properties of these solutions may cause surface deformation on the files. Such corrosion can lead to unexpected premature fractures of the instruments.

The aim of this study was to investigate the effect of NaOCl, EDTA, and a HEDP–NaOCl mixture on the surface roughness of different ProTaper files (ProTaper Universal, ProTaper Next, ProTaper Gold, and ProTaper Ultimate). From each file system, one new file taken directly from its package was designated as the control group. For each irrigation solution, three files from each group were immersed for 5 minutes. The surface topography of the samples was analyzed using atomic force microscopy (AFM). As a result of the analysis, Ra and RMS values as well as three-dimensional surface images of the files were obtained. The findings were further supported by SEM imaging.

Exposure to irrigation solutions resulted in an increase in surface porosity of the files. The ProTaper Next system was found to be the most affected by the irrigation agents. The ProTaper Universal and ProTaper Ultimate files exhibited similar surface characteristics.

Considering all these findings, it can be concluded that irrigation solutions cause corrosion on the surfaces of the files. Therefore, in order to prevent possible clinical complications, clinicians should carefully evaluate the factors that may lead to file deformation.

Key Words: Surface roughness, ProTaper Universal, ProTaper Next, ProTaper Gold, ProTaper Ultimate, Atomic force microscope



İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAY	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLOLAR DİZİNİ	xiii
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kemomekanik Preparasyon	3
2.2. Kemomekanik Preparasyonda Kullanılan Enstrümanlar	3
2.3. Nikel Titanyum Alaşımı Genel Özellikleri	4
2.3.1. Şekil Hafıza Etkisi ve Süperelastik Davranış	4
2.3.2. Mekanik Özellikler	4
2.3.3. Korozyon Direnci ve Biyouyumluluk	5
2.4. Diş Hekimliğinde Nikel Titanyum Alaşımı	5
2.5. Ni-Ti Alaşımların Metalurjik Özellikleri	5
2.5.1. Konvansiyonel Ni-Ti Alaşımı	6
2.5.2. Elektropolisaj Yüzey İşlemi Yapılan Ni-Ti Alaşımlar	6
2.5.3. R-Faz Isıl İşlem Görmüş Ni-Ti Alaşımlar	6
2.5.4. M-Wire Isıl İşlem Görmüş Ni-Ti Alaşımlar	7
2.5.5. CM-Wire Ni-Ti Alaşımlar	7
2.5.6. CM Blue Wire, CM Gold Wire Ni-Ti Alaşımlar	8
2.5.7. MaxWire Ni-Ti Alaşımlar	8
2.5.8. T-Wire ve C-Wire Ni-Ti Alaşımlar	9
2.5.9. Elektriksel Deşarj İşlemi (EDM) İçeren Ni-Ti Alaşımlar	9
2.6. Kök Kanal Aletlerinin Kırılma Mekanizmaları	9
2.6.1. Torsiyonel Kırılma	10
2.6.2. Fleksural Kırılma	10
2.6.3. Koroziv Kırılma	10
2.7. Çalışmada Kullanılan Kök Kanal Enstrümanları	11

2.7.1. Protaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigus, İsviçre).....	11
2.7.2. ProTaper Next (Dentsply Maillefer, Ballaigus, İsviçre)	12
2.7.3. ProTaper GOLD (Dentsply, Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA)	14
2.7.4. ProTaper Ultimate (Dentsply Sirona, Ballaigues, İsviçre).....	14
2.8. Kök Kanal İrrigasyonu	15
2.9. Çalışmada Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları	16
2.9.1. Sodyum Hipoklorit.....	16
2.9.2. Etilen Diamin Tetraasetik Asit.....	17
2.9.3. HEDP-NaOCl Karışımı.....	18
2.10. Çalışmada Kullanılan Görüntüleme Teknikleri	20
2.10.1. Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Elektron Microscopy; SEM)	20
2.10.2. Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscopy; AFM).....	21
3.GEREÇ VE YÖNTEM	23
3.1. Örneklerin Seçilmesi.....	23
3.2. Döner Aletlerin İrrigasyon Solüsyonlarında Bekletilmesi	23
3.3. Kontrol ve Deney Gruplarının Oluşturulması.....	24
3.4. Örneklerin Hazırlanması	25
3.5. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) ile Eğe Yüzeylerinin Analizi	26
3.6. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Eğe Yüzeylerinin Analizi	26
3.7. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi	27
4. BULGULAR	28
4.1. ProTaper Ni-Ti Döner Enstrüman Jenerasyonlarının İrrigasyon Prosedürleri Uygulaması Sonucu Ra ve RMS Değerleri Açısından Değerlendirilmesi.....	28
4.2. İrrigasyon Solüsyonlarının ProTaper Eğelerine Etkisinin Ra ve RMS Değerleri Açısından Değerlendirilmesi.....	32
5. TARTIŞMA	42
6. SONUÇ	51
7. KAYNAKÇA	52
8.EKLER.....	65
EK 1. İntihal Beyan Formu	65
EK 2. İntihal Tespit Program Çıktısı.....	66
EK 3. Tez Yazım Değerlendirme Formu	70
9. ÖZGEÇMİŞ	71

SİMGELER VE KISALTMALAR

Ni-Ti	Nikel Titanyum
NaOCl	Sodyum Hipoklorit
EDTA	Etilen Diamin Tetraasetik Asit
HEDP	1 Hidroksietiliden 1,1 bifosfonik asit
PTU	ProTaper Universal
PTX	ProTaper Next
PTG	ProTaper Gold
PTUI	ProTaper Ultimate
RMS	Root Mean Square
Ra	Average surface roughness
AFM	Atomic Force Microscope
SEM	Scanning Electron Microscope
STM	Scanning Tunneling Microscope
°C	Santigrat Derece

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1: ProTaper Universal eğe sistemi	11
2: ProTaper Next Eğe Sistemi	13
3: Sodyum Hipoklorit	16
4: Etilen Diamin Tetraasetik Asit	18
5: Dual Rinse HEDP	19
6: Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Elektron Microscopy; SEM)	20
7: Atomik Kuvvet Mikroskobu	22
8: ProTaper Universal, ProTaper Next, ProTaper Gold, ProTaper Ultimate	23
9: Örneklerin hazırlanması	25
10: Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)	26
11: SEM cihazı için örneklerin hazırlanması	27
12: Ortalama Ra değerlerine göre yüzey pürüzlülükleri	33
13: Ortalama RMS değerlerine göre yüzey pürüzlülükleri	34
14: ProTaper Universal eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre AFM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)	36
15: ProTaper Next eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre AFM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)	36
16: ProTaper Gold eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre AFM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)	37
17: ProTaper Ultimate eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre AFM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)	37
18: ProTaper Universal eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre x1000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)	38
19: ProTaper Next eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre x1000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)	38
20: ProTaper Gold eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre x1000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)	39
21: ProTaper Ultimate eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre x1000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)	39
22: ProTaper Universal eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre x5000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)	40

23: ProTaper Next eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre x5000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)	40
24: ProTaper Gold eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre x5000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)	41
25: ProTaper Ultimate eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre x5000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)	41



TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
1: Çalışmada kullanılan irrigasyon solüsyonları ve özellikleri	24
2: PTU eğelerinin yüzey pürüzlülük değerleri anlamlılık tablosu	28
3: PTX eğelerinin yüzey pürüzlülük değerleri anlamlılık tablosu	29
4: PTG eğelerinin yüzey pürüzlülük değerleri anlamlılık tablosu	30
5: PTU1 eğelerinin yüzey pürüzlülük değerleri anlamlılık tablosu	30
6: Ortalama Ra Değerleri	31
7: Ortalama RMS Değerleri	31
8: NaOCl solüsyonunun yüzey pürüzlülük değerleri anlamlılık tablosu	32
9: EDTA solüsyonunun yüzey pürüzlülük değerleri anlamlılık tablosu	32
10: HEDP-NaOCl solüsyonunun yüzey pürüzlülük değerleri anlamlılık tablosu.....	33
11:Two-way Anova Testi.....	34
12: Solüsyonların eğeler üzerine etkisinin karşılıklı anlamlılık tablosu	35
13: Model (eğe) yüzey pürüzlülüğünün karşılıklı anlamlılık tablosu	35

1.GİRİŞ

Endodontik tedavi; kök kanalında enfekte olmuş dokuların kanaldan uzaklaştırılması, kanalın şekillendirilmesi, kök kanalının etkili dezenfeksiyonu ve sonrasında bütünüyle sızdırmaz bir biçimde dolgu malzemeleriyle doldurulması aşamalarından oluşur. Ayrıca kök kanalı tedavisi, etkeninin uzaklaştırılması ve tedavi edilmesi sonucunda dişlerin aynı fonksiyonda ağızda kalmasına olanak sağlar(1). Klinik tedavi aşamalarında; fiziksel şekillendirme ile birlikte kök kanalı içerisindeki mikroorganizmalardan ve dentin artıklarının uzaklaştırılması için irrigasyon da bulunmaktadır. Bu işlem bütünü, “biyomekanik preparasyon” olarak isimlendirilir. Biyomekanik preparasyon, kök kanal tedavisinin en kritik aşamalarından birisi olarak kabul edilmektedir. Bu aşamada kök kanal aletleri ve yıkama ajanları kullanılır(2). Endodontik tedavide farklı yıkama ajanları ve kanal aletleri kullanılmakta olup bu materyaller sürekli olarak değiştirilip güncellenmeye çalışılmaktadır. Günümüzde mekanik preparasyonda paslanmaz çelik el aletleri, nikel-titanyum (Ni-Ti) el aletleri ve motor ile çalışan döner preparasyon aletleri kullanılmaktadır. Paslanmaz çelik el aletleri ile preparasyon yapmanın uzun zaman gerektirmesi, fazla el aleti kullanımı zorunluğu ve kullanım güçlüğü gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu dezavantajları gidermek için 1988’den beri Ni-Ti döner eğeler endodontik tedavide sıklıkla kullanılmaktadır(3). İlk Ni-Ti döner eğenin piyasaya çıkmasından bu yana üreticiler, farklı dizayn ve konseptlerde Ni-Ti kanal aleti üretmiştir(4). Paslanmaz çelik el eğeleri ve Ni-Ti kök kanal eğeleri eğimli kök kanallarında düzleşme eğilimi gösterir ve bu durum kanal duvarlarında lateral bir kuvvetin meydana gelmesine yol açar. Bu lateral kuvvetin etkisini minimize etmek ve merkezi bir şekillendirme yapabilmek için artan esneklik kök kanal aletlerinin temel ihtiyacıdır(5). Son yıllarda metalurji teknolojisinin endodontideki ilerlemeleri, Ni-Ti kanal aletlerinin alaşımının üretiminde önemli yeniliklere yol açmıştır. Bu ilerlemenin en temel hedeflerinden biri kök kanal aletlerinin mekanik dayanıklılığını artırmaktır. Ni-Ti kök kanal eğelerinin sunduğu avantajlara rağmen klinik uygulamalarda beklenmedik alet kırılmaları gözlemlenebilmektedir(6).

Mekanik preparasyon esnasında Ni-Ti enstrümanlar kanal içerisinde irrigasyon solüsyonları eşliğinde çalıştırılmaktadır. Bu solüsyonlar metal yüzeyde lokal mikro

Çukurcuk (pitting) tipi korozyona sebep olmaktadır(7, 8). İrrigasyon solüsyonlarının potansiyel koroziv etkileri ile eğe üretim sürecinde ortaya çıkabilecek yapısal kusurların doğrudan eğe kırılmasıyla ilişkili olduğuna dair net kanıtlar bulunmamakla birlikte, bu etkenlerin aletin kullanım esnasındaki kırılma mekanizmasını etkileyebileceği rapor edilmiştir. Günümüzde döner Ni-Ti eğelerin yüzey özelliklerinin değerlendirilmesinde çeşitli analiz yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Farklı materyal türlerinin yüzey topografyasını incelemek amacıyla Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) uzun yıllardır yaygın biçimde kullanılmaktadır. Ancak materyallerin üç boyutlu yüzey morfolojisinin yüksek çözünürlükte görüntülenmesini sağlayan Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM), giderek daha fazla tercih edilmekte ve endodontik döner aletlerin yüzey topografyasının ayrıntılı olarak incelenmesinde değerli bir araştırma yöntemi olarak önerilmektedir(9, 10).

Bu  alışmada ProTaper Universal (PTU, Dentsply Maillefer, Ballaigus, İsviçre), ProTaper Next (PTX, Dentsply Maillefer, Ballaigus, İsviçre), ProTaper Gold (PTG, Dentsply, Tulsa Dental Specialties, OK, USA) ve ProTaper Ultimate (PTUL, Dentsply Sirona, Ballaigues, İsviçre) eğeleri kullanılmıştır. Kullanılan kanal eğeleri, sodyum hipoklorit (NaOCl: Wizard; Rehber Kimya, İstanbul, TR), Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA: Imicryl Ltd., Konya, TR) ve Dual Rinse HEDP (Medcem GmbH, Viyana, Avusturya) solüsyonlarına maruz bırakılmıştır.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Kemomekanik Preparasyon

Endodontik tedavi sürecinde uygulanan kemomekanik preparasyon, kök kanalı içerisindeki vital veya nekrotik dokuların uzaklaştırılması ve kanal sistemi içerisinde yer alan mikroorganizmaların ortadan kaldırılması amacıyla gerçekleştirilir(2). Geri dönüşümsüz pulpitis olgularında vital pulpa dokusunun uzaklaştırılması ve enfekte kök kanallarında mikroorganizma yükünün azaltılması amacıyla gerçekleştirilen mekanik preparasyon, endodontik tedavinin temel ve vazgeçilmez aşamalarından biridir(11). Çeşitli çalışmalarda, antimikrobiyal irriganlar kullanılmamasına rağmen kök kanalı içerisindeki mikrobiyal yükte azalma gözlemlenmiştir; bu etkinin, esas olarak mekanik kanal şekillendirme işlemiyle ilişkili olduğu bildirilmiştir(12). Kök kanal tedavisinde mekanik preparasyon temel bir aşama olsa da, kök kanalının karmaşık anatomik yapısı nedeniyle kanal duvarlarının önemli bir bölümüne ulaşamadığı ve bu bölgelerin yeterince şekillendirilemediği literatürde belirtilmektedir(13). Bu nedenle kök kanal irrigasyonu, endodontik tedavi protokolünde vazgeçilmez bir basamak olarak yer almaktadır. Kullanılan irrigasyon solüsyonları, organik doku artıklarının çözünmesi, mikrobiyal kontaminasyonun ortadan kaldırılması ve mekanik şekillendirme sürecinde meydana gelen debrisin etkin şekilde uzaklaştırılmasında temel bir işlev üstlenmektedir.

2.2. Kemomekanik Preparasyonda Kullanılan Enstrümanlar

Kök kanallarının preparasyonunda, enstrüman kullanımına her ne kadar 19. yüzyılda başlanmış olsa da, enstrümanların belirli bir sıra ve sistematik yaklaşımla kullanılmasına yönelik ilk prensipler Ingle tarafından 1961 yılında ortaya konmuştur. Bu tarihten itibaren paslanmaz çelik el aletleriyle uygulanan step-back tekniği, yıllar boyunca ve hatta günümüzde dahi geçerliliğini koruyan bir yöntem olarak varlığını sürdürmektedir(14). El aletleriyle gerçekleştirilen mekanik preparasyon işlemlerinin düşük devirli motorlar ile desteklenmesi, Gates-Glidden frezlerinin kullanıma girmesiyle mümkün olmuştur. Kök kanalı şekillendirmesi amacıyla kullanılan enstrümanlar genel olarak üç ana grupta sınıflandırılmaktadır. Birinci grup, K tipi ve H

tipi eğeler gibi el ya da parmak yardımıyla kullanılan kanal aletlerini içermektedir. İkinci grup ise düşük devirli cihazlarla kullanılan aletlerden oluşmakta olup; Gates-Glidden frezleri ve Peeso reamer'lar yer almaktadır. Üçüncü grup ise motor ile kullanılan enstrümanları kapsamaktadır. Son yıllarda nikel-titanyum döner ege sistemlerinin yaygınlaşmasıyla bu gruptaki alet çeşitliliği önemli ölçüde artmıştır(15).

2.3. Nikel Titanyum Alaşımı Genel Özellikleri

Nikel-Titanyum (Ni-Ti) alaşımı, özellikle şekil hafızası ve süperelastik davranış özellikleri nedeniyle hem mühendislikte hem tıpta yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. Bu alaşım, yaklaşık eşit oranlarda nikel (%55-56 ağırlıkça) ve titanyum (%44-45 ağırlıkça) içerir ve kristal yapı faz değişimleri yoluyla mekanik özelliklerinde önemli değişiklikler gösterir(16).

2.3.1. Şekil Hafıza Etkisi ve Süperelastik Davranış

Ni-Ti alaşımlarının en dikkat çekici özelliklerinden biri belirli bir sıcaklıkta önceki şekline geri dönme yeteneğidir. Buna şekil hafıza etkisi denir. Bu özellik martensit ve östenit fazları arasındaki tersinir dönüşümle ilişkilidir. Düşük sıcaklıklarda martensit fazında olan alaşım, dış etkiyle deforme edildikten sonra yüksek sıcaklıkta östenit fazına dönüşerek orijinal şekline geri döner(17). Ayrıca süperelastik davranış göstererek %8'e kadar deformasyonu elastik biçimde tolere edebilir. Paslanmaz çelik alaşımlarda ise bu oran yalnızca %1 değerindedir(18).

2.3.2. Mekanik Özellikler

Ni-Ti alaşımları yüksek esneklik, darbe emme kapasitesi ve iyi yorulma dayanımı ile öne çıkar. Bu mekanik dayanıklılık özellikleri diş hekimliği uygulamalarında Ni-Ti alaşımın tercih edilmesini sağlamaktadır(16). Geleneksel metal alaşımlara göre çok daha düşük sabit gerilim altında yüksek deformasyonlara dayanabilir(18). Alaşım martensit fazda iken yumuşak ve kolay deforme olmakla birlikte, östenit fazda oda sıcaklığında sert ve kararlı bir halde bulunmaktadır(19).

2.3.3. Korozyon Direnci ve Biyouyumluluk

Ni-Ti alaşımları, yüzeylerinde oluşan titanyum oksit tabakası sayesinde iyi bir korozyon direncine sahiptir ve bu özellik de biyomedikal uygulamalarda, özellikle implant materyali olarak kullanılmalarını mümkün kılar. Ancak yüksek nikel içeriği nedeniyle olası toksisite ve alerjik reaksiyon riski dikkatle değerlendirilmelidir. Bununla birlikte, yapılan çalışmalar Ni-Ti alaşımlarının genel olarak yüksek biyouyumluluk gösterdiğini ortaya koymaktadır(17).

2.4. Diş Hekimliğinde Nikel Titanyum Alaşımı

Ni-Ti alaşımları, düşük elastik modülü, şekil hafızası ve üstün esneklik özellikleri sayesinde, diş hekimliğinde ilk olarak ortodontik ark tellerinin imalatında tercih edilmiştir (20). Endodontide Ni-Ti kullanımına yönelik ilk adım, 1988 yılında atılmış olup bu tarihte, ortodontide kullanılan Ni-Ti tellerin mekanik işlenmesiyle el tipi ilk endodontik enstrüman prototipi geliştirilmiştir (3) Teknolojik ilerlemeler doğrultusunda, Ni-Ti esaslı endodontik aletlerin üretim süreçlerinde kayda değer yapısal ve metodolojik yeniliklere olanak sağlanmış ve bu sayede daha işlevsel ve dayanıklı enstrümanların geliştirilmesi mümkün hale gelmiştir (16).

2.5. Ni-Ti Alaşımların Metalurjik Özellikleri

Ni-Ti döner enstrümanların klinik etkinliğini artırmaya yönelik çeşitli stratejiler geliştirilmektedir. Bu stratejiler yalnızca yüzey modifikasyonlarını değil, aynı zamanda alaşımın iç yapısını da hedef alan yöntemleri kapsamaktadır. Yüzey düzeyinde endodontik aletin yontulmuş bölgelerinin polisajlanması, yüzey sertliğini artırmak amacıyla iyon implantasyonu uygulanması ve çeşitli yüzey kaplamalarının kullanımı gibi teknikler öne çıkmaktadır. Öte yandan daha ileri düzeyde yapısal iyileştirmeler için alaşımın döküm ya da presleme işlemlerine tabi tutulması ve ardından ısı işlemlerle kontrollü plastik deformasyon yoluyla bükülmesi gibi yöntemler de giderek yaygınlaşmaktadır (21-23).

2.5.1. Konvansiyonel Ni-Ti Alaşımı

Konvansiyonel Ni-Ti esaslı endodontik aletler bileşim olarak yaklaşık %56 oranında nikel ve %44 oranında titanyum içermektedir (16). Östenit fazının tamamlanma sıcaklığı, insan vücut sıcaklığının altında bir değerdedir (24, 25). Bu sebeple, konvansiyonel Ni-Ti endodontik aletler ağırlıklı olarak östenit fazda bulunur ve süperelastik özellikler gösterir. Bu faz yapısı nedeniyle, aletlerin şekillendirilmesi bükme yerine frezleme yöntemiyle gerçekleştirilmelidir (16). İşleme süreci, Ni-Ti aletlerin yüzey özelliklerini olumsuz yönde etkileyerek kırılma direnci, kesim performansı ve korozyon direnci üzerinde negatif sonuçlar doğurabilir (26, 27).

2.5.2. Elektropolisaj Yüzey İşlemi Yapılan Ni-Ti Alaşımlar

Elektropolisaj, yüzeydeki malzemenin kontrollü bir elektrokimyasal reaksiyon yoluyla uzaklaştırılmasını sağlayan ve bunun sonucunda yüzey parlaklığını artırarak daha düzgün ve pürüzsüz bir yapı elde edilmesini amaçlayan bir tekniktir (28, 29). Ni-Ti endodontik aletlerin üretim sürecinde, önceki zımparalama işlemlerinden kaynaklanan yüzey bozukluklarını, mikro çatlakları ve rezidüel stresi ortadan kaldırmak amacıyla EP uygulanmaktadır. Bu işlemin, aletlerin kırılma direncini, kesme performansını ve korozyon direncini artırdığı düşünülmektedir (21, 30).

2.5.3. R-Faz Isıl İşlem Görmüş Ni-Ti Alaşımlar

R fazı, martensit ve östenit fazları arasında gerçekleşen dönüşüm sürecinde ısıtma ya da soğutma eğrisi boyunca oldukça dar bir sıcaklık aralığında ortaya çıkan bir kristal yapıdır. Temel östenitik faz, kontrollü ısıtma ve soğutma işlemleriyle R fazına dönüştürülebilir. Ardışık ısıtma ve soğutma işlemleri, bükülmüş durumdaki R fazını mekanik stres altında süperelastik özellikler kazanan östenitik faza yeniden dönüştürmektedir (31). Üretici, R-Fazı teknolojisinin kullanıldığı Ni-Ti aletlerin, geleneksel üretim yöntemleriyle elde edilen Ni-Ti aletlere kıyasla daha üstün mekanik özellikler sergilediğini ve bu nedenle bükme işlemi açısından R-fazının daha uygun olduğu iddia etmiştir (32)

2.5.4. M-Wire Isıl İşlem Görmüş Ni-Ti Alaşımlar

Geleneksel Nitinolün daha esnek bir forma kavuşturulması ve Ni-Ti döner aletlerde görülen kırılma oranlarının azaltılması amacıyla, son yıllarda üretim süreçlerinde çeşitli modifikasyonlara gidilmiştir. Yapılan çalışmalar, ısı işlemlerinin Ni-Ti döner aletlerin mekanik dayanıklılığını artırarak bu aletlere ek direnç kazandırdığını ortaya koymaktadır (32, 33). Bu amaçla, geleneksel ostenitik yapıya sahip süperelastik alaşım olan 55-Nitinolün gerilme dayanımı ve yorulma direncini artırmak üzere içinde martensit ve premartensit R-fazı bulunduran termal işlem prosedürü modifiye edilerek geliştirilmiş, yeni bir Ni-Ti alaşımı oluşturulmuştur. Bu özel üretim süreci, M-Wire olarak adlandırılmış ve patentlenmiştir (32). Bu alaşımın ticari hakları Maillefer firması tarafından satın alınmış ve firma, alaşıma özgün ve patentli işlemler uygulayarak, stabil martensitik faz yapısına sahip M-Wire alaşımını elde etmeyi başarmıştır(34, 35). M-Wire'in ısııl işlem sürecinde kullanılan başlangıç materyali, ağırlıkça %55.8 oranında nikel, %44.2 oranında titanyum ve %1'den daha az miktarda eser elementler içeren bir Nitinol alaşımıdır (36). Yapılan çalışmalarda, geleneksel süperelastik Ni-Ti alaşımdan üretilen Ni-Ti döner ege sistemleri ile M-Wire Ni-Ti alaşımı kullanılarak üretilen döner aletlerin döngüsel yorgunluğa karşı dirençleri değerlendirilmiş ve M-Wire grubunun yaklaşık %390 oranında daha yüksek dayanıklılık sergilediği rapor edilmiştir (35).

2.5.5. CM-Wire Ni-Ti Alaşımlar

Controlled Memory (CM) Wire, 2010 yılında geliştirilerek kullanıma sunulan artırılmış esnekliğe sahip bir Ni-Ti alaşımıdır. CM Wire Ni-Ti alaşımları, geleneksel Ni-Ti alaşımlarına kıyasla daha düşük bir nikel içeriğine sahiptir; CM Wire, ağırlıkça yaklaşık %52 oranında nikel içerirken, konvansiyonel alaşımlarda bu oran %54.5 ile %57 arasında değişmektedir(37). CM Wire alaşımları, üretim sürecinde alaşımın şekil hafızasını kontrol altına almayı sağlayan özel bir termomekanik işlem serisine tabi tutulmaktadır. Bu özel işlemler sonucunda, CM Wire Ni-Ti alaşımları, geleneksel Ni-Ti alaşımlarında gözlenen şekil hafızası özelliğini göstermemektedir. Alaşımın mekanik özelliklerini ise, mikro düzeydeki yapısal karakteristikleri ile üretim sürecinde uygulanan termal işlemler belirlemektedir. Ni-Ti alaşımlarında gözlenen farklı kristal yapılar bu malzemelerin farklı karakteristikte olmasına neden olur.

Konvansiyonel Ni-Ti alaşımları, oda sıcaklığında ostenit fazda bulunurken; CM Wire alaşımı, ostenit ile martensit fazlarının bir arada bulunduğu hibrit bir faz yapısına sahiptir(38). Martensit fazda bulunan Ni-Ti alaşımlar, ostenitik faza kıyasla daha düşük elastik modüle sahiptir. Bu durum, alaşımın daha yumuşak ve bükülebilir bir yapı kazanmasına olanak sağlamaktadır(39).

2.5.6. CM Blue Wire, CM Gold Wire Ni-Ti Alaşımlar

Blue eğelerde mavi renk gözlemlenmesinin, ısıl işlem sonrasında yüzeyde oluşan titanyum oksit tabakasından kaynaklandığı düşünölmektedir(40). Gold ısıl işlemi gören eğelerin karakteristik renginin yüzeyde oluşan spesifik bir tabaka ile ilişkili olabileceği düşünölmektedir. Tüm Gold ve Blue ısıl işlem uygulanmış enströmanlar, konvansiyonel Ni-Ti ve M-Wire esaslı enströmanlarla karşılaştırıldığında, daha üstün esneklik ve döngösel yorulma direnci sergilemiştir. Bu güçlü mekanik özelliklerin, enströmanların martensit faz yapılarıyla ilişkili olduğu öne sürölmektedir(41). Gold ve Blue ısıl işlem gören Ni-Ti eğe sistemleri aşırı eğimli kanallarda dahi iyi bir merkezi şekillendirmeyi sağladığı rapor edilmiştir(42-44).

2.5.7. MaxWire Ni-Ti Alaşımlar

Son yıllarda FKG Dentaire, klinik kullanıma yönelik olarak hem şekil hafızası etkisini hem de süperelastik özellikleri bir arada sunan ilk endodontik Ni-Ti alaşımı olan MaxWire'ı (Martensit-Östenit-Elektropolish-fileX) tanıtmıştır. Bu alaşım, özel bir termomekanik işlemle modifiye edilmiş ve tescillenmiş bir Ni-Ti materyali olarak geliştirilmiştir. Eğenin fiziksel özellikleri sıcaklığa bağlı olarak farklılık göstermektedir. Oda sıcaklığında eğe martensitik fazda bulunmakta olup vücut sıcaklığına ulaşıldığında östenitik faza dönüşür(45). MaxWire Ni-Ti alaşımın mekanik özellikleri sayesinde, bu teknolojiyle üretilmiş döner eğe sistemlerinin, kanal içerisinde aldığı kavisli formun, kompleks kök kanal anatomisine sahip dişlerde, şekillendirme işlemi sırasında mevcut kanal morfolojisine uyum sağladığı düşünölmektedir(41).

2.5.8. T-Wire ve C-Wire Ni-Ti Alaşımlar

Üretici firma, Ni-Ti alaşımlarına uygulanan özel bir ısıtıl işlem sonucunda elde edilen T-Wire alaşımlarının, konvansiyonel alaşımlara kıyasla yaklaşık %40 oranında daha yüksek kırılma direnci gösterdiği ve buna ek olarak artırılmış esneklik özelliklerine sahip olduğunu öne sürmektedir(46). Firma, başka bir döner eğe sistemi için ise C-Wire alaşımını geliştirip patentlemiştir. Eğelere önce elektrokimyasal parlatma, ardından ısıtıl işlem uygulanmaktadır. C-Wire ısıtıl işlemi sayesinde eğelere kontrollü şekil hafızası özelliğı kazandırılmakta ve ön eğim verilebilmektedir(47).

2.5.9. Elektriksel Deşarj İşlemi (EDM) İçeren Ni-Ti Alaşımlar

Elektriksel Deşarj İşlemi, konvansiyonel yöntemlerle şekillendirilmesi güç olan malzemelerin üretiminde kullanılan temassız ve işleme tekniğıdir. Bu yöntemin uygulanabilmesi için hem kullanılan elektrotun hem de çalışacak malzemenin elektriksel iletkenliğe sahip olması gerekmektedir(48). Coltene/Whaledent (Altstätten, İsviçre), CM Wire teknolojisi kullanılarak geliştirilen bir diğer döner Ni-Ti sistemi olan HyFlex EDM'yi piyasaya sunmuştur. HyFlex EDM, elektriksel deşarj işleme (EDM) yöntemiyle üretilen ilk kök kanal eğesi olma özelliğıne sahiptir(49).

2.6. Kök Kanal Aletlerinin Kırılma Mekanizmaları

Yeterli esneklik ve dayanıklılığa sahip olmayan endodontik aletlerin hatalı kullanımı, kök kanalında aletin kırılmasına neden olabilir(50). Günümüzde Ni-Ti döner enstrüman sistemlerinin endodontik tedavilerde daha yaygın tercih edilmesiyle birlikte, alet kırılmasına bağılı komplikasyonların görülme sıklığı artış göstermiştir(51). Kök kanal preparasyonu esnasında döner eğelere fazla vertikal kuvvet uygulaması, aletin sıkışmasına ve aşırı stres altında kalmasına yol açarak kırılmalara neden olabilir (50). Alet kırılmalarındaki en sık sebep, kullanım sırasında yapılan teknik hatalar veya gereğınden fazla kullanım sıklığıdır(52). Alet kırılması 3 tipte olur. Bunlar torsiyonel kırılma, fleksural kırılma ve koroziv kırılma.

2.6.1. Torsiyonel Kırılma

Kanal aletlerinin uç kısmının, kök kanalında kendisinden daha dar bir bölgeye sıkıştığında geri kalan kısmının dönme hareketine devam etmesi torsiyonel stresin artmasına ve buna bağlı kırılmalara neden olur(53, 54). Kök kanal şekillendirmesi sırasında alete gereğinden fazla kuvvet uygulanması yüksek düzeyde torsiyonel gerilime yol açar. Oluşan bu aşırı torkun aletin elastik kapasitesini aşması durumunda önce plastik deformasyon, devamında ise kırılma meydana gelir(54-56). Kırık ucu yakın alanlarda yiv yapısında bozulmalar ve makroskobik düzeyde şekil bozuklukları gözlemlenebilir(57). Alapati ve ark.(58) Ni-Ti döner eğelerde meydana gelen fraktürlerin temel nedeninin aşırı torsiyonel gerilim olduğu ve torsiyonel alet kırılmalarının, fleksural kırılmalara kıyasla daha sık görüldüğü bildirilmiştir.

2.6.2. Fleksural Kırılma

Kök kanal şekillendirmesi sırasında kanal aletinin fazla kuvvete maruz kalması sonucunda ortaya çıkan fleksural stres, kanal aletinde oluşan metal yorgunluğunun temel nedeni olarak kabul edilmektedir(59). Fleksural stresin metal yapısını zayıflatması sonucunda fleksural kırılmalar oluşur. Bu tür kırılmalar çoğunlukla eğimli kök kanallarında eğimin en yoğun olduğu bölgelerde meydana gelir.

Yapılan çalışmalarda Ni-Ti alet kırılmalarının %55,7'si torsiyonel, %44,3'ü ise fleksural kaynaklıdır. Bu kırılmaların önüne geçilebilmesi için, kanal aletlerine aşırı kuvvet uygulanmaksızın kontrollü bir şekilde kullanılması gerektiği belirtilmiştir(60).

2.6.3. Koroziv Kırılma

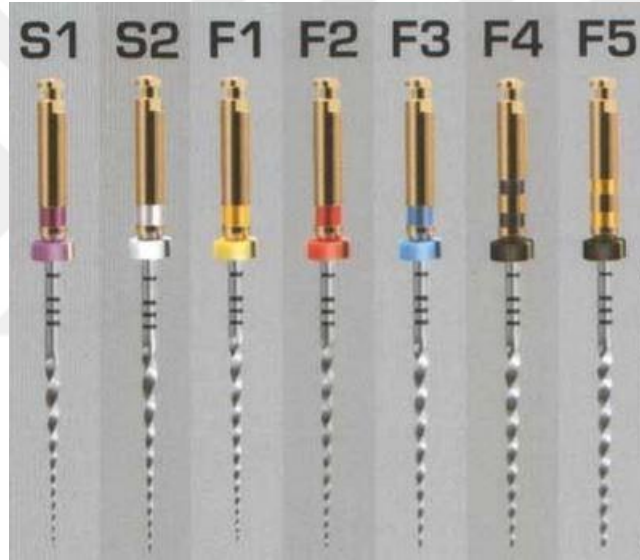
Endodontik aletlerin, çoklu sterilizasyon işlemi ve kanal tedavisinde kullanılan yıkama solüsyonları sebebiyle alet yüzeyinde yüzeyinde mikro çatlaklar, oksidatif hasarlar meydana gelir. Ardından bu hasarlı yüzeyin mekanik stres altında kırılması koroziv kırılma olarak adlandırılır. Özellikle irrigasyon sırasında kullanılan sodyum hipoklorit (NaOCl) ve EDTA gibi kimyasal solüsyonlar, bu aletlerin yüzeyinde mikro çatlaklara, pitting (çukurlaşma) korozyonuna ve oksidatif değişimlere neden olabilir. Yapılan çalışmada(61) bu solüsyonlar ve tekrarlı sterilizasyonun, Ni-Ti aletlerin

yüzeyinde belirgin pürüzlülük artışı ve yapısal bozulmalar meydana getirdiği gösterilmiştir. Sterilizasyon döngülerinin sayısı, irrigasyon solüsyonlarına maruz kalma süresi ve aletin daha önceki kullanımları gibi faktörler, aletin yapısal bütünlüğünü zayıflatmakta ve kırılma riskini artırmaktadır(62).

2.7. Çalışmada Kullanılan Kök Kanal Enstrumanları

2.7.1. Protaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigus, İsviçre)

ProTaper, Dentsply firması tarafından geliştirilen nikel-titanyum esaslı döner ege sistemlerinden biridir. Dr. Clifford Ruddle, Dr. John West ve Dr. Pierre Machtou'nun katkılarıyla geliştirilmiştir(63).



Şekil 1: ProTaper Universal ege sistemi

Crown-down tekniğine dayalı olarak kullanılan ProTaper sistemi; SX, S1 ve S2 eğeleriyle koronal ve orta uç için şekillendirilmesini, F1'den F5'e kadar numaralandırılan bitirme eğeleriyle ise apikal bölgenin şekillendirilmesini sağlayan, üç şekillendirme ve beş bitirme egesinden oluşan bir sistemdir. Sistem, 21, 25 ve 31 mm uzunluklarında üç farklı ege seçeneği ile sunulmaktadır. Preparasyon, endodontik motor yardımıyla ve 250 ile 350 rpm arasında değişen dönüş hızlarında uygulanmaktadır(64).

Bu sistemin temel niteliği değişken uç çaplarıyla birlikte kesici yüzey boyunca değişken oranlarda koniklik göstermesidir. Değişken koniklik, dentinle olan temas yüzeyini sınırladığı için alet üzerinde biriken gerilim miktarını azaltır ve bu özellik de kesme etkinliğinin artmasına katkı sağlar(65). Sistemin konveks üçgen kesit formu,

şekillendirme esnasında dentinle olan temas yüzeyini sınırlayarak işlem sırasında oluşan sürtünmeyi azaltıcı bir etki göstermektedir. Kesme etkinliğinde gözlenen artışa paralel olarak, sürtünme kuvvetlerinden kaynaklanan gerilim yükleri de belirgin şekilde azalmaktadır(66).

Radyal yüzey içermeyen ProTaper Universal (PTU) eğeleri, etkin kesme kapasitesine sahiptir. Öte yandan, radyal yüzeyler, eğenin kanal merkezine hizalanmasını sağlar ve kanalda sıkışmasını engeller. Radyal alan içermemesi ve etkin kesme kapasitesi, kök kanal preparasyonu sırasında dentin dokusunda mikroskobik düzeyde çatlak oluşumu riskini beraberinde getirebilir(63). Şekillendirme protokolünün ilk aşamasında yer alan SX eğesi, koronal bölgenin genişletilmesini sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. SX eğesinin total boyutu 19 mm'dir. PTU sistemindeki eğelerle karşılaştırıldığında, koniklik artışı en fazla olan egedir. Bu tasarım özelliği, eğenin kök kanalında etkin bir preparasyon yapmasını sağlar(67). S1 eğesinin mor renkte bir halka, S2 eğesinin ise beyaz renkli bir halka ile tanımlandığı bilinmektedir. S1 ve S2 eğelerinin artan koniklik özelliğine sahip olmalarıyla birlikte, bu artış SX eğesine kıyasla daha düşüktür.

F1, F2 ve F3 eğeleri sırasıyla sarı, kırmızı ve mavi kuşaklarla kodlanmış olup, kanal preparasyonunu bitirme işlemi için kullanılmaktadır. F1, F2 ve F3 eğelerinin uç çapları 0,20 mm, 0,25 mm ve 0,30 mm olup, koniklik değerleri ise %7, %8 ve %9 oranlarındadır.

Aletlerin terminal ucundaki ilk 3 mm'lik kısımda (D0-D3) taper değeri sabittir. Bu eğelerin D3 noktasından itibaren azalan konikliğe sahiptir. Bu özellik sayesinde, koronal bölgede dentin dokusunun aşırı miktarda kaldırılması engellenmiş olur(65). Şekillendirmenin hangi eğe ile sonlandırılacağı, kanalın çapına bağlı olarak seçilmektedir. Günümüzde geniş çaplı kanalların şekillendirilmesi amacıyla F4 ve F5 eğeleri geliştirilmiştir.

2.7.2. ProTaper Next (Dentsply Maillefer, Ballaigus, İsviçre)

Gelişmiş geometrik yapısı ve üretim teknolojisiyle öne çıkan ProTaper Next (PTX), beşinci nesil Ni-Ti döner eğe sistemleri arasında yer almaktadır(68). Isıl işlemle

modifiye edilen M-Wire alaşımı kullanılarak üretilen PTX, artırılmış esneklik ve dngsel yorulma direnci sunmakta olup aynı zamanda kesme kapasitesini muhafaza eden karakteristik bir yönlendirme hareketine sahiptir(69, 70). PTX, rotasyonel hareket ile çalışır. Artan ve azalan taper yapısına sahip olan bu sistemin enine kesitine bakıldığında dikdörtgen tasarımıdır.



şekil 2: ProTaper Next Eğe Sistemi

zgn tasarımı, kanal içerisinde esnek ve kıvrımlı bir ilerleme hareketi sergilemesini sağlar(71). Aletin bu asimetrik rotasyon hareketi, dentin artıkları ile organik dokuların koronal yöne taşınmasını kolaylaştırmakta ve böylece kök kanal şekillendirme işleminin etkinliğini artırmaktadır. Alaşımın metalürjik yapısal özellikleri, eğenin dngsel yorulma kaynaklı kırılmalara karşı mekanik direncini artırmıştır(72, 73).

PTX sistemi, kök kanalının şekillendirilmesi amacıyla X1'den X5'e kadar sıralanan beş farklı şekillendirme eğesinden oluşmaktadır. Aletlerin apikal uç çapları sırasıyla 0,17 mm, 0,25 mm, 0,30 mm, 0,40 mm ve 0,50 mm olacak şekilde artan boyutlarda tasarlanmıştır. Sistemde yer alan eğelerin konisiteleri artış gösteren bir düzende olmayıp sırasıyla %4, %6, %7, %6 ve %6 şeklindedir(74). Üretici firma, 300 rpm hız, 200 g/cm torkta rotasyonel hareketle şekillendirme yapılmasını tavsiye eder.

2.7.3. ProTaper GOLD (Dentsply, Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA)

2014 yılında, metalurjik alandaki teknolojik yenilikler doğrultusunda, ProTaper Universal sistemi, ProTaper Gold (PTG) olarak yeniden tasarlanmıştır. Bu yeni sistemde, eğe geometrileri önceki modele sadık kalınarak korunmuş, ancak Ni-Ti alaşımı, "Gold Wire" olarak bilinen özel bir termomekanik işlemle işlenmiştir. Bu işlem, eğelere artan esneklik kazandırırken, döngüsel yorgunluğa karşı daha yüksek direnç göstermelerini sağlamıştır(75). PTG, PTU ile aynı geometrik tasarıma (konveks üçgen kesit ve artan konik form) sahiptir. Aralarındaki fark, üretim süreci ve alaşımın ısı işleminden kaynaklanmaktadır(75, 76). PTG, 2 aşamalı faz dönüşümü gösterir ve daha yüksek austenit bitiş sıcaklığı (Af) değerlerine sahiptir. Bu durum daha yüksek martensit faz stabilitesi sağlar. PTG'nin Af değeri yaklaşık 50,1 °C iken PTU'nunki yaklaşık 21,2 °C'dir. Bu, PTG'nin oda sıcaklığı şartlarında daha fazla martensitik faz içerdiğini gösterir(77). PTG kanal eğeleri, PTU ve PTN kanal aletlerine kıyasla daha yüksek döngüsel yorgunluk dayanımına sahiptir(78). PTG sistemi 8 kanal aletinden oluşmaktadır. SX (uç boyutu 19, koniklik 0,04), S1 (uç boyutu 18, koniklik 0,02), S2 (uç boyutu 20, koniklik 0,04), F1 (uç boyutu 20, koniklik 0,07), F2 (25 uç boyutu, koniklik 0,08), F3 (uç boyutu 30, koniklik 0,09), F4 (uç boyutu 40, koniklik 0,06) ve F5 (uç boyutu 50, koniklik 0,05) şeklindedir(43).

2.7.4. ProTaper Ultimate (Dentsply Sirona, Ballaigues, İsviçre)

ProTaper ailesinin en güncel jenerasyonu olan ProTaper Ultimate (PTUL) döner eğe sistemi, farklı kristalografik yapılarla modifiye edilmiştir. Bu sistem, sahip olduğu özel alaşım ve dizayn özellikleri sayesinde, birbirini tamamlayan mekanik özellikler sunarak endodontik preparasyon sürecinde daha etkin ve güvenli bir kullanım imkânı sağlamaktadır(79). PTUL sisteminin, keskin açılarla belirginleşen paralelkenar kesit formu ve merkez dışı yerleşimli bir tasarımı vardır. Bu morfolojik özellik, özellikle mine-sement birleşim hattı (CEJ) gibi yapısal açıdan kritik bölgelerde dentin uzaklaştırılmasının daha konservatif bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. PTUL sistemini eğelerinin uç çapları ve taper değerlerinin büyük olması nedeniyle apikal bölgede daha etkin debris uzaklaştırımı sağlar. Çalışma esnasında belirli bölgelerde, eğenin her bir segmentinin kesici etkinliğinin ayrı ayrı

düzenlenebilmesine imkân tanınmıştır(79-81). Üretici firmanın bildirimine göre, PTUl sisteminde yer alan toplam sekiz eğe—Slider (16/.02v), SX (20/.03v), Shaper (20/.04v), F1 (20/.07v), F2 (25/.08v), F3 (30/.09v), FX (35/.12v) ve FXL (50/.10v)—farklı metalurjik özelliklere sahip üç ayrı ısıtıl işlem uygulanmış Ni-Ti alaşımdan üretilmiştir. Buna göre; Slider eğesi M-Wire, SX, Shaper, F1, F2 ve F3 eğeleri Gold-Wire, FX ve FXL eğeleri ise Blue ısıtıl işlem görmüş alaşımdan imal edilmiştir Üreticiye göre, PTUl diğer aletlere kıyasla üstün döngüsel yorulma direnci ve esneklik sergilemektedir(81).

2.8. Kök Kanal İrrigasyonu

Endodontik tedavinin temel amacı, kök kanal sisteminde mikroorganizma artıkları tüm organik ve inorganik doku kalıntılarını ortadan kaldırmaktır. Kemomekanik hazırlık, endodontik tedavi sürecinde temel aşama olarak kabul edilmekte olup bu aşama kök kanalındaki mikroorganizmaların ve onların metabolik ürünlerinin etkin bir şekilde uzaklaştırılmasını amaçlamaktadır(82). Dentin kanalları, yan bağlantılar, kanalın dallanma bölgeleri, apikal delta gibi anatomik olarak karmaşık bölgelerdeki doku kalıntıları, mikroorganizmalar ve bunların metabolik ürünleri sadece mekanik işlemle yok edilemez(83). Bundan dolayı kök kanalı sistemi şekillendirme öncesinde, şekillendirme sırasında ve sonrasında bakteriler, mikroorganizma ürünleri ve doku kalıntılarını çözebilen, aynı zamanda antimikrobiyal etki gösteren bir solüsyon ile irrige edilmelidir(84).

İdeal bir irrigasyon solüsyonunun sahip olması gereken nitelikler aşağıda sıralanmıştır:

- Geniş bir mikroorganizma çeşitliliğine karşı etkili bir antimikrobiyal aktivite
- Biyofilmin çözülmesi veya temizlenmesi
- Bakterilerin patojenik özelliklerini taşıyan faktörlerin etkinliğinin ortadan kaldırılması
- Lokal ve sistemik toksisitesinin olmaması
- Maliyeti düşük, kolay kullanım özelliği(85)

2.9. Çalışmada Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları

2.9.1. Sodyum Hipoklorit

Endodontik tedavilerde irrigasyon amacıyla kullanılan solüsyonlar arasında sodyum hipoklorit(NaOCl), en yaygın ve en çok tercih edilen temel ajan olarak öne çıkar(86). Sodyum hipokloritin yaygın kullanımını destekleyen unsurlar, biyofilm formasyonları içerisinde bulunan bakterilere karşı gösterdiği belirgin antimikrobiyal etkinlik ile biyofilm komponentlerini ve organik pulpa dokusu artıklarını çözebilme kapasitesidir(87). Ek olarak, bakteriyel virülansın temel bileşenlerinden olan endotoksinler ve lipoteikoik asidin seviyelerini azaltabilmektedir(88). Kök kanal şekillendirmesi sırasında kullanılan döner sistemlere lubrikant etki göstererek kesme etkinliğini artırmakta ve potansiyel komplikasyon riskini azaltabilmektedir. Ayrıca ekonomik açıdan avantajlı olması ve farklı klinik uygulamalarda kullanılabilmesi, bu solüsyonun yaygın şekilde tercih edilmesinin nedenlerinden biridir(89).



Şekil 3: Sodyum Hipoklorit

NaOCl 'nin organik doku çözme ve antimikrobiyal etkisi; hücresel proteinlerin oksidasyonu ve hidrolizi sonucunda hipoklorik asidin oluşması, ortama Cl^- iyonlarının salınması ve osmotik aktivite aracılığıyla hücre içinden sıvı çekilmesi şeklinde açıklanmaktadır(90). NaOCl 'nin kimyasal aktivitesi, serbest klorun varlığıyla meydana gelen hipoklorit iyonu (OCl^-) ve hipokloröz asit (HOCl) formlarına dayanmaktadır. Her iki form da yüksek oksidatif kapasiteye sahiptir. Klasik sodyum hipoklorit solüsyonları,

yüksek pH değerine sahip olup genellikle 11–12 aralığındadır. Çözeltinin asidik yönde ayarlanmasıyla hipokloröz asit oranının yükselerek antimikrobiyal etkinliği artırabileceği düşünülse de, literatürde bu yaklaşımın sınırlı yarar sağladığı ve çözeltinin kararlılığını olumsuz etkileyebileceği bildirilmiştir(91). NaOCl solüsyonları günümüzde %0,5–%8,25 aralığında kullanılmakta olup, hangi konsantrasyonun en yüksek etkiyi sağladığı konusunda fikir birliği mevcut değildir. Laboratuvar çalışmaları ise NaOCl'nin etkinliğinin uygulanan konsantrasyona bağlı olabileceğini göstermektedir(92, 93). Zayıf delillere dayanan bazı araştırmalarda, daha yüksek NaOCl konsantrasyonlarının fayda sağlayabileceği belirtilmiş olmakla birlikte, yüksek konsantrasyonun olası istenmeyen etkilere yol açabileceği bildirilmiştir(94). NaOCl, canlı dokulara toksik ve iritan etkiler gösterebilen bir solüsyondur. Periapikal bölgeye taşınması durumunda ciddi kazalara neden olabileceği bildirilmiştir. Yayınlanmış olgular, %1'lik çözelti kullanımı sırasında dahi kazaların meydana gelebileceğini rapor etmiştir(95). Etkinlik sağlamak amacıyla NaOCl konsantrasyonunun mümkün olan en düşük düzeyde ayarlanması önerilmektedir; yüksek konsantrasyonlar ise canlı dokular üzerinde belirgin toksik etkiler oluşturabilir(96). Düşük konsantrasyonlu NaOCl'nin etkinliğini yükseltmek amacıyla, çözeltinin uygulamadan önce 50–60 °C'ye kadar ısıtılması önerilmiştir(97).

2.9.2. Etilen Diamin Tetraasetik Asit

Kalsifikasyon çözme amacıyla yaygın kullanılan Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA), renksiz ve suda çözünebilen poliamino karboksilik asit yapısında bir maddedir. Disodyum EDTA ve kalsiyum disodyum EDTA başta olmak üzere çeşitli tuz tiplerinde üretilmektedir. Dentindeki kalsiyum iyonlarını bağlayarak çözünebilir kalsiyum şelatları meydana getirir. Günümüzde EDTA'nın sentezi temel olarak etilen diamin, formaldehit ve sodyum siyanür kullanılarak gerçekleştirilmektedir(98). EDTA'nın sert dokular üzerindeki mineral kaybına neden olan etkisine ilişkin ilk bulgular 1951 yılında rapor edilmiştir(99). Smear tabakasının inorganik kısmını elimine etme ve dentini yumuşatarak dar veya kalsifiye kök kanallarının preparasyonuna olanak sağlama özelliği nedeniyle tercih edilmektedir(100). Nötr pH'da EDTA, kalsiyum iyonlarının yanı sıra, suda çözünür nükleoproteinler ve fosfoproteinlerin de ortadan kaldırılmasını sağlayabilmektedir(101).



Şekil 4: Etilen Diamin Tetraasetik Asit

Endodontide en yaygın kullanılan şelatlayıcı maddedir(102). Literatürde, %17'lik çözeltinin smear tabakasının uzaklaştırılmasında yüksek düzeyde etkinlik gösterdiğini ortaya koymuştur(103, 104). Çalışmalarda, sınırlı antibakteriyel etkinliğine rağmen, kök kanal florasının eliminasyonunda serum fizyolojikten daha etkili olduğu bildirilmiştir(105). Yine bir çalışmada, EDTA'nın şelatlama kapasitesinin, 20–90°C aralığında sıcaklık yükseldikçe belirgin bir şekilde azaldığı belirtilmiştir(106). Şelasyon ajanları için en uygun temas süresi bilinmemekle beraber, uygulamadan birkaç dakika sonra belirgin bir temizleme etkisinin geliştiği rapor edilmiştir(102). NaOCl ile karıştırıldığında EDTA, kalsiyum şelatlama yeteneğini sürdürmekteyken; NaOCl'nin doku çözme kapasitesi kaybolmaktadır. Bunun nedeni serbest klor varlığının neredeyse yok denecek kadar düşük olmasıdır(107).

2.9.3. HEDP-NaOCl Karışımı

Etidronat olarak da adlandırılan etidronik asit, HEDP(1-hidroksietiliden 1,1-bisfosfonik asit) veya HEDP, kökte kullanılmak üzere tanıtılan bir şelatlama ajanıdır(85, 108). Hafif alkali pH'a sahiptir(10.7). Yeni bir şelatlama maddesi olan etidronik asit, smear katmanlarının çıkarılmasında başarılıdır(109). Şelatlama özelliği bulunan HEDP, kişisel bakım ürünlerinde ve temizlik amaçlı preparatlarda yardımcı ajan olarak değerlendirilmektedir(110). EDTA'nın mevcut dezavantajlarını aşmak amacıyla son yıllarda alternatif şelatörlerin kullanımı ve etkinliği üzerine araştırmalar yoğunlaşmıştır(111). Sodyum hipoklorit ile kimyasal etkileşim göstermemesi ve

kalsiyum bağlama kapasitesinin uygun seviyede olması, etidronik asidin EDTA ya da sitrik asit yerine kullanılabilecek olası bir seçenek olduğunu ortaya koymuştur(109). Kök kanallarında HEDP irrigasyonu için önerilen konsantrasyonlar %9-18 arasındadır. Bu konsantrasyonlarda kullanıldığında smear tabakasını çıkardığı, kanalın apikal üçte birinde EDTA'ya göre daha etkili olduğu ve %9 konsantrasyon ile karşılaştırıldığında %18'lik HEDP'nin smear tabakasının çıkarılmasında daha etkili olduğu yapılan araştırmalarda bildirilmiştir(112).



Şekil 5: Dual Rinse HEDP

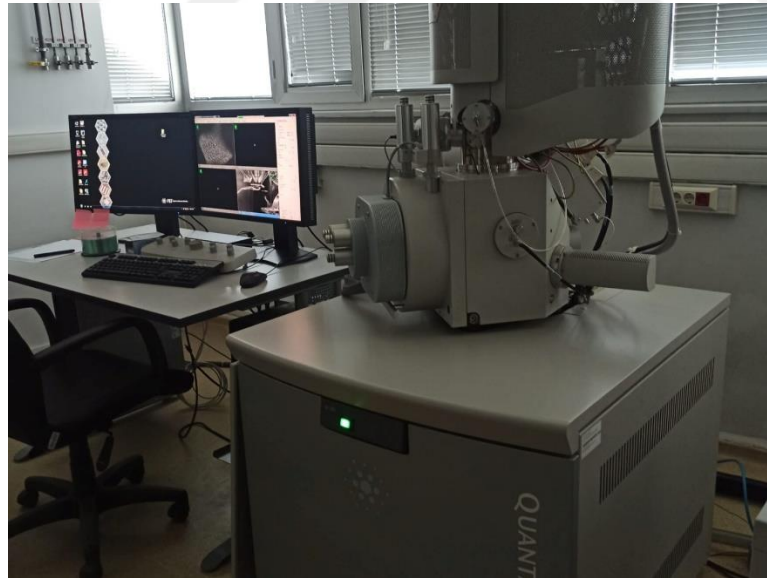
HEDP ve NaOCl'nin kombine kullanımı, NaOCl'nin etkinliğini kaybetmeden gerçekleştirilebilir. Yapılan araştırmada, HEDP çözeltisinin serbest klor içeriğinde bir saatlik süre sonunda bir azalma meydana getirdiğini göstermiştir. Bu azalma, uygulanan doz ile orantılı olarak artmış ve zaman içinde devam etmiştir. Ancak, yeni hazırlanmış karışımdaki serbest klor miktarı tam olarak korunmuştur(109). NaOCl-HEDP kombinasyonunun, yalnızca NaOCl'ye kıyasla daha üstün bir antimikrobiyal etkinlik sergilemesinin olası nedeni, HEDP'nin smear tabakasını temizleme ve dentin tübüllerini açma yeteneğinden kaynaklandığı düşünülmektedir(113). NaOCl ile uyumlu olan bu şelatlayıcı ajanın, preparasyon esnasında doku artıklarının birikimini azaltabildiği, ancak bu durumu tamamen ortadan kaldıramadığı bildirilmiştir(114). Enfekte dentin üzerindeki yüzey gerilimi ve antimikrobiyal etkiyi değerlendiren bir çalışmada, NaOCl-HEDP'nin dentin tübüllerinde NaOCl-EDTA irrigasyonuna göre daha büyük antibakteriyel etkiye sahip olduğu bulunmuştur(115). NaOCl, EDTA ve NaOCl-HEBP

kombinasyonlarının yüzey gerilimini ve ilişkili antimikrobiyal etkisini değerlendirmek için yapılan bir konfokal lazer tarama mikroskopisi çalışmasında, en yüksek yüzey gerilimine sahip çözeltinin NaOCl-HEDP kombinasyonu olduğu bulunmuştur(115).

2.10. Çalışmada Kullanılan Görüntüleme Teknikleri

2.10.1. Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Elektron Microscopy; SEM)

Dış hekimliği araştırmaları da dahil olmak üzere pek çok alanda yaygın olarak kullanılan bir elektron mikroskobu çeşididir. Bu teknoloji ilk kez 1938 yılında Von Ardenne tarafından geliştirilmiştir(116). SEM, optik kolon, örnek haznesi ve görüntüleme ünitesinden oluşur. Optik kolonda ise elektron tabancası, anot plakası, kondansatörler, mercekler ve tarama bobinleri yer almaktadır(117). Sistem, analiz edilen örneğe 10 µm kalınlığında yüksek enerjili bir elektron demeti iletir. Bu demet, yüzey üzerinde ilerledikçe örnekten saçılan elektronların kristal yüzeye ulaşmasına neden olur. Etkileşim sonucunda ışık meydana gelir. Oluşan ışık foto çoğaltıcı lamba yardımıyla elektronik sinyale çevrilir ve bu sinyalde meydana gelen dalgalanmalar dedektör tarafından tespit edilir(118, 119).



Şekil 6: Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Elektron Microscopy; SEM)

SEM, şelasyon ajanlarının smear tabakasını uzaklaştırma kapasitelerinin değerlendirilmesi, dentin üzerinde oluşabilecek erozyonların belirlenmesi, eğer yüzey

yıpranmalarının görüntülenmesi gibi birçok kullanım alanı vardır(119). Görüntüleme sürecinde ışık kullanılmadığından, örneğin rengi görüntü kalitesini etkilemez. Bu durum, diş hekimliği açısından önemli bir avantajdır; çünkü diş sert dokuları ve dental materyaller çoğunlukla beyaz ya da açık tonlarda olduğundan optik mikroskopların kullanım etkinliğini azaltabilmektedir(120) SEM, materyallerin yüzey topografisini, morfolojik özelliklerini, yapısal bileşenlerini inceleme olanağı sunar. Işık mikroskobu ile karşılaştırıldığında yaklaşık 300 kat daha yüksek odak derinliği sağlamakta olup 20'den 100.000'e kadar değişen büyütme seviyelerine ulaşabilmektedir(121, 122). Elektron ışınının nanometre boyutlarında yoğunlaştırılabilmesi, SEM'in en önemli avantajıdır(123).

2.10.2. Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscopy; AFM)

AFM, yüzey morfolojisinin ve malzeme topografisinin ayrıntılı biçimde incelenmesinde günümüzde temel araştırma araçlarından biri haline gelmiştir. Nanomalzemelerin yapısal analizine yönelik ilk önemli gelişme, 1981 yılında IBM'de Gerd Binnig ve Heinrich Rohrer tarafından Taramalı Tünelleme Mikroskobu'nun (Scanning Tunneling Microscopy) geliştirilmesiyle gerçekleşmiştir. Bu yenilikçi çalışma, araştırmacılara 1986 yılında Nobel Fizik Ödülü'nü getirmiştir. Fakat STM'nin yetersiz kaldığı (yalıtkan malzeme görüntülenmesi) konular vardır. Bu eksikliği gidermek amacıyla, iletken olmayan örneklerin de yüksek çözünürlükte incelenebilmesine imkan veren AFM, Binnig, Quate ve Geber tarafından geliştirilmiştir. 1989 yılında ilk ticari cihazın piyasaya sunulmasıyla birlikte bilimsel araştırmalarda yaygın kullanım alanı bulmuştur(124, 125).



Şekil 7: Atomik Kuvvet Mikroskobu

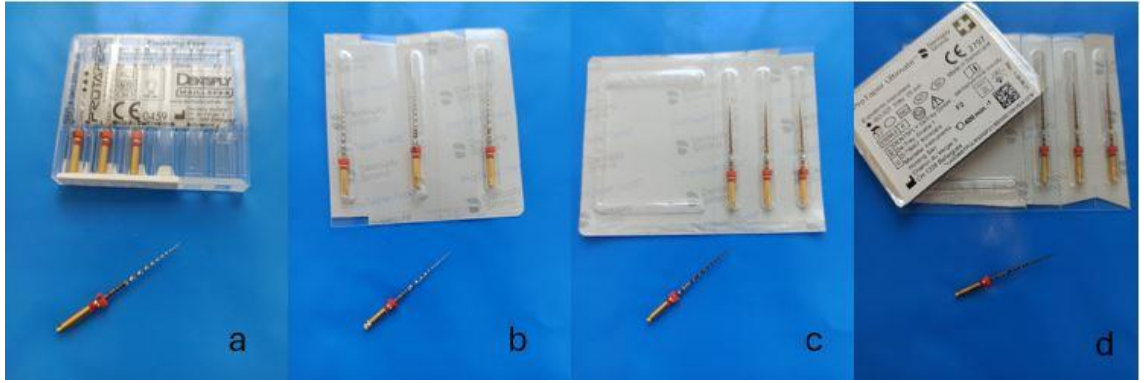
Optik tabanlı görüntüleme yöntemlerine oranla AFM, en az bin kat daha yüksek çözünürlük sağlamaktadır. AFM, nano ölçekte yüzey analizi, ölçüm ve malzeme manipülasyonu gerçekleştirebilen en ileri düzey teknolojilerden biridir(126). AFM aracılığıyla elde edilen üç boyutlu görüntüler yalnızca yüzey topografisinin belirlenmesine imkân tanımakla kalmayıp; moleküler düzeyde etkileşimlerin, malzemenin mekanik özelliklerinin (sertlik, aşınma ve korozyon davranışları), optik karakteristiklerinin (yansımaya kapasitesi), morfolojik yapısının ve yüzeyle ilişkili etkileşim süreçlerinin ayrıntılı olarak incelenmesine olanak sağlamaktadır. Dental araştırmalarda yüzey pürüzlülüğünün analizi, laboratuvar ortamında çoğunlukla iki boyutlu olarak incelenmektedir. Bu kapsamda, yüzeyin aritmetik ortalama pürüzlülüğü (R_a , μm) ya da ortalama pürüzlülüğün karekök ortalaması (RMS, μm) ölçüt olarak kullanılmaktadır(127, 128). Bu parametrelerin değerlendirilmesi, kullanılan materyalin klinik başarısı açısından kritik bir rol oynamaktadır. Literatürde, yüzey pürüzlülüğünün plak tutulumunu artırdığı, renk değişimlerine neden olduğu ve restorasyonun estetik başarısını olumsuz etkileyebileceği rapor edilmiştir(129).

3.GEREÇ VE YÖNTEM

Bu tez çalışması Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda planlanmıştır. Örneklerin AFM ile değerlendirilmesi Kayseri Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde, SEM ile görüntülenmesi ise Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir.

3.1. Örneklerin Seçilmesi

Çalışmamızda paketten yeni çıkmış PTU (F2, #25), PTX (X2, #25), PTG (F2, #25), PTUI (F2, #25) döner eğeler kullanıldı.



Şekil 8: ProTaper Universal, ProTaper Next, ProTaper Gold, ProTaper Ultimate

Oluşturulan grupların her birinde üçer adet olmak üzere 36 adet, kontrol amaçlı her döner eğe grubundan birer adet olmak üzere 4 adet, toplamda 40 adet döner eğe kullanılmıştır. Standart örnek uzunluğu sağlamak amacıyla, eğelerin apikal 5 mm'lik kısımları sonsuz separe ile kesilerek analiz için hazırlanmıştır.

3.2. Döner Aletlerin İrrigasyon Solüsyonlarında Bekletilmesi

Çalışmada kullanılan eğeler paketlerinden çıkarılıp üretici firmanın tavsiye ettiği hız ve torkta çalışır vaziyette %5 NaOCl, %17 EDTA ve NaOCl-HEDP solüsyonlarına 5 dakika maruz bırakıldı. Yıkama solüsyonlarında 5 dakika bekletilen döner aletler

distile su ile yıkanıp kurulanmıştır. Daha sonra apikal 5mm olacak şekilde sonsuz separe ile kesilmiştir.

Tablo 1: Çalışmada kullanılan irrigasyon solüsyonları ve özellikleri

Çalışmada Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları	Üretici Firma	İçerik
NaOCl	Wizard; Rehber Kimya, İstanbul, TR	%5 Sodyum Hipoklorit
EDTA	Imicryl Ltd., Konya, TR	%17 Etilen Diamin Tetraasetik Asit
HEDP-NaOCl	Medcem GmbH, Viyana, Avusturya / Wizard; Rehber Kimya, İstanbul, TR	%9 Etidronik Asit + 10ml %5 Sodyum Hipoklorit

3.3. Kontrol ve Deney Gruplarının Oluşturulması

1.GRUP: PTU #F2 döner eğesinin NaOCl solüsyonu içerisinde dinamik halde 5 dakika bekletilmesi (n=3)

2.GRUP: PTU #F2 döner eğesinin EDTA solüsyonu içerisinde dinamik halde 5 dakika bekletilmesi (n=3)

3.GRUP: PTU #F2 döner eğesinin HEDP-NaOCl solüsyonu içerisinde dinamik halde 5 dakika bekletilmesi (n=3)

4.GRUP: PTX #X2 döner eğesinin NaOCl solüsyonu içerisinde dinamik halde 5 dakika bekletilmesi (n=3)

5.GRUP: PTX #X2 döner eğesinin EDTA solüsyonu içerisinde dinamik halde 5 dakika bekletilmesi (n=3)

6.GRUP: PTX #X2 döner eğesinin HEDP-NaOCl solüsyonu içerisinde dinamik halde 5 dakika bekletilmesi (n=3)

7.GRUP: PTG #F2 döner eğesinin NaOCl solüsyonu içerisinde dinamik halde 5 dakika bekletilmesi (n=3)

8.GRUP: PTG #F2 döner eğesinin EDTA solüsyonu içerisinde dinamik halde 5 dakika bekletilmesi (n=3)

9.GRUP: PTG #F2 döner eğesinin HEDP-NaOCl solüsyonu içerisinde dinamik halde 5 dakika bekletilmesi (n=3)

10.GRUP: PTU1 #F2 döner eğesinin NaOCl solüsyonu içerisinde dinamik halde 5 dakika bekletilmesi (n=3)

11.GRUP: PTU1 #F2 döner eğesinin EDTA solüsyonu içerisinde dinamik halde 5 dakika bekletilmesi (n=3)

12.GRUP: PTU1 #F2 döner eğesinin HEDP-NaOCl solüsyonu içerisinde dinamik halde 5 dakika bekletilmesi (n=3)

Her jenerasyondan birer adet hiç kullanılmamış eğe, kontrol grubu olarak kullanılmıştır.

3.4. Örneklerin Hazırlanması

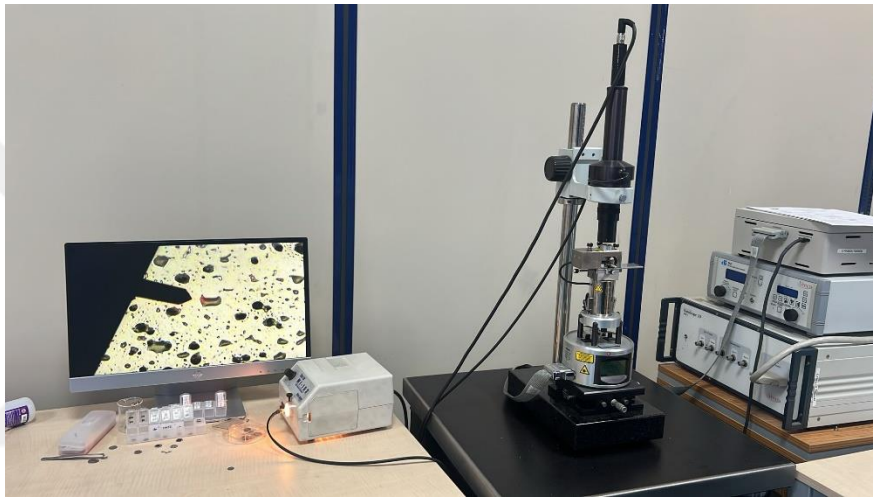
Deney grupları oluşturulup eğeler, irrigasyon solüsyonlarına dinamik halde 5'er dakika maruz bırakıldıktan sonra distile su ile yıkanıp kurulandı. Bu işlemleri takiben, eğelerin 5 mm'lik apikal uçları sonsuz separe yardımıyla kesilip ayrı etiketlenmiş ependorf tüplerine konuldu.



şekil 9: Örneklerin hazırlanması

3.5. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) ile Eğe Yüzeylerinin Analizi

Örneklerin analizi, Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde yer alan Veeco Multimode 8 Nanoscope 3D AFM (Veeco Instruments, Santa Barbara, USA) cihazı kullanılarak gerçekleştirildi. AFM, 10µm x 10µm alanda her bir örnekte apikal 3mm'lik kısımdan 11 farklı noktadan olmak üzere non-kontakt (tapping) modda kullanıldı. Cihazın sabit tarama hızı kullanılarak çalıştırılması sonucunda 2D ve 3D görüntüler ve sayısal değerler elde edildi. Hesaplanan Ra ve RMS değerleri, istatistiksel inceleme amacıyla kayıt altına alındı.



Şekil 10: Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)

3.6. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Eğe Yüzeylerinin Analizi

Örnekler, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde bulunan SEM cihazı (Quanta Feg 450, FEI, Thermo Fisher Scientific, Darmstadt, Almanya) ile incelenmiştir. Çalışmada kullanılan eğelerin apikal 3 mm'lik bölümleri sonsuz separe ile ayrıldı ve x100, x1000, x5000 büyütmede SEM görüntüleri alındı.



Şekil 11: SEM cihazı için örneklerin hazırlanması

3.7. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Elde edilen verilerin istatistiksel analizi IBM SPSS V23 yazılımı (SPSS Inc., IBM Corp., New York, ABD) ile yapılmıştır. Deney gruplarına Ra ve RMS değerleri üzerinden Kruskal-Wallis testi uygulanmıştır. Sonuçların ortalama değerleri ve standart sapmaları sunulmuştur. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Bu tez çalışmasında; PTU (Dentsply Maillefer, Ballaigus, İsviçre), PTN (Dentsply Maillefer, Ballaigus, İsviçre), PTG (Dentsply, Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA) ve PTUI (Dentsply Sirona, Ballaigues, İsviçre) döner eğelerinin 3 farklı solüsyon içerisinde dinamik bir şekilde çalışması sonucunda, kullanılan eğelerin yüzey pürüzlülüğü AFM ve SEM ile incelenmiştir. Elde edilen ortalama pürüzlülük değeri (Ra) ve pürüzlülük değerlerinin karelerinin ortalamasının karakökü (RMS) değerleri analiz edilmiştir.

4.1. ProTaper Ni-Ti Döner Enstrüman Jenerasyonlarının İrrigasyon Prosedürleri Uygulaması Sonucu Ra ve RMS Değerleri Açısından Değerlendirilmesi

PTU eğelerinin NaOCl, EDTA ve HEDP-NaOCl solüsyonlarına maruz bırakılmaları sonucu elde edilen verilere göre ortalama değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p>0.05$). Kontrol grubunda ortalama Ra değeri 73.87, ortalama RMS değeri 92.70, NaOCl uygulamasında ortalama Ra değeri 81.57, ortalama RMS değeri 108.02, EDTA uygulamasında ortalama Ra değeri 80.96, ortalama RMS değeri 108.51, HEDP-NaOCl uygulamasında ortalama Ra değeri 79.23, ortalama RMS değeri 100.25 olarak ölçülmüştür. %5 NaOCl, %17 EDTA ve HEDP-NaOCl uygulaması pörözite artışına sebep olsa da bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Tablo 2: PTU eğelerinin yüzey pürüzlülük değerleri anlamlılık tablosu

Test İstatistiği		
	Ra	RMS
N	110	110
Median	77,50500	103,77500
Chi-Square	2,606	6,000
df	3	3
Asymp. Sig.	,456	,112

a. Grup Değişkeni: Solüsyon

PTX eğelerine uygulama sonucunda elde edilen verilere göre ortalama değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark mevcuttur ($p<0.05$). Kontrol grubunda ortalama Ra değeri 92.57, ortalama RMS değeri 119.38, NaOCl uygulamasında ortalama Ra değeri 114.39, ortalama RMS değeri 148.13, EDTA uygulamasında ortalama Ra değeri 131.99, ortalama RMS değeri 165.55, HEDP-NaOCl uygulamasında ortalama Ra değeri 99.45, ortalama RMS değeri 128.18 olarak llmştr. %17 EDTA ve %5 NaOCl maruziyeti PTX eğeleri yüzey topografisinde anlamlı bir pürüzlülük artışına sebep olmuştur. HEDP-NaOCl uygulamasındaki topografi değişimi istatistiksel olarak anlamsızdır.

Tablo 3: PTX eğelerinin yüzey pürüzlülük değerleri anlamlılık tablosu

	Test İstatistiği	
	Ra	RMS
N	110	110
Median	110,26000	140,77500
Chi-Square	20,545	30,242
df	3	3
Asymp. Sig.	,000	,000

a. Grup Değişkeni: Solüsyon

PTG grubunun 3 farklı solüsyona maruziyeti sonucunda elde edilen verilere göre gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.05$). Kontrol grubunda ortalama Ra değeri 52.94, ortalama RMS değeri 67.05, NaOCl uygulamasında ortalama Ra değeri 76.39, ortalama RMS değeri 95.63, EDTA uygulamasında ortalama Ra değeri 76.36, ortalama RMS değeri 97.90, HEDP-NaOCl uygulamasında ortalama Ra değeri 61.75, ortalama RMS değeri 77.63 olarak llmştr. 5 dakikalık NaOCl ve EDTA maruziyeti PTG eğe yüzeyinde anlamlı bir değişikliğe sebep olurken HEDP-NaOCl uygulaması yüzey pörözitesini artırırsa da aradaki fark istatistiksel olarak anlamsızdır.

Tablo 4: PTG eğelerinin yüzey pürüzlülük değeri anlamlılık tablosu

Test İstatistiği		
	Ra	RMS
N	110	110
Median	65,25000	82,89000
Chi-Square	15,697	18,606
df	3	3
Asymp. Sig.	,001	,000

a. Grup Değişkeni: Solüsyon

PTUL eğelerinden elde edilen verilere göre gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p>0.05$). Kontrol grubunda ortalama Ra değeri 74.12, ortalama RMS değeri 96.02, NaOCl uygulamasında ortalama Ra değeri 89.65, ortalama RMS değeri 119.71, EDTA uygulamasında ortalama Ra değeri 91.84, ortalama RMS değeri 121.48, HEDP-NaOCl uygulamasında ortalama Ra değeri 79.51, ortalama RMS değeri 105.63 olarak tespit edilmiştir. NaOCl, EDTA ve HEDP-NaOCl teması yüzey pörözitesini artırsa da bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Tablo 5: PTUL eğelerinin yüzey pürüzlülük değeri anlamlılık tablosu

Test İstatistiği		
	Ra	RMS
N	110	110
Median	80,73000	107,75500
Chi-Square	4,061	7,697
df	3	3
Asymp. Sig.	,255	,053

a. Grup Değişkeni: Solüsyon

Tablo 6: Ortalama Ra Değerleri

	PTU	PTX	PTG	PTUl
Kontrol	73.87 ± 33.00	92.57 ± 21.56	52.94 ± 18.00	74.12 ± 22.42
NaOCl	81,57 ± 18.37	114.39 ± 28.30	76.39 ± 24.23	89.45 ± 25.58
EDTA	80.96 ± 17.82	131.99 ± 27.86	76.36 ± 23.67	91.84 ± 23.89
HEDP-NaOCl	79.23 ± 19.60	99.45 ± 23.39	61.75 ± 17.72	79.51 ± 21.62

Tablo 7: Ortalama RMS Değerleri

	PTU	PTX	PTG	PTUl
Kontrol	92.70 ± 28.61	119.38 ± 20.19	67.05 ± 18.20	96.02 ± 22.66
NaOCl	108.02 ± 20.00	148.13 ± 32.78	95.63 ± 26.97	119.71 ± 27.98
EDTA	108.51 ± 18.32	165.55 ± 29.79	97.90 ± 27.21	121.48 ± 23.75
HEDP-NaOCl	100.25 ± 22.40	128.18 ± 26.86	77.63 ± 18.11	105.63 ± 24.56

4.2. İrrigasyon Solüsyonlarının ProTaper Eğelerine Etkisinin Ra ve RMS Değerleri Açısından Değerlendirilmesi

NaOCl solüsyonunun ProTaper eğe gruplarına etkisi açısından elde edilen verilere göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ($p<0.05$). PTU grubunda ortalama Ra değeri 81.57, ortalama RMS değeri 108.02, PTX grubunda ortalama Ra değeri 114.39, ortalama RMS değeri 148.13, PTG grubunda ortalama Ra değeri 76.39, ortalama RMS değeri 95.63, PTUl grubunda ortalama Ra değeri 89.45, ortalama RMS değeri 119.71 olarak ölçülmüştür.

Tablo 8: NaOCl solüsyonunun yüzey pürüzlülük değerleri anlamlılık tablosu

Test İstatistiği		
	Ra	RMS
N	132	132
Median	87,15000	116,39000
Chi-Square	26,303	31,394
df	3	3
Asymp. Sig.	,000	,000

a. Grup Değişkeni: Eğe

EDTA uygulaması sonucu eğe grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.05$). PTU grubunda ortalama Ra değeri 80.96, ortalama RMS değeri 108.51, PTX grubunda ortalama Ra değeri 131.99, ortalama RMS değeri 165.55, PTG grubunda ortalama Ra değeri 76.36, ortalama RMS değeri 97.90, PTUl grubunda ortalama Ra değeri 91.84, ortalama RMS değeri 121.48 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 9: EDTA solüsyonunun yüzey pürüzlülük değerleri anlamlılık tablosu

Test İstatistiği		
	Ra	RMS
N	132	132
Median	89,81000	117,77500
Chi-Square	41,818	42,788
df	3	3
Asymp. Sig.	,000	,000

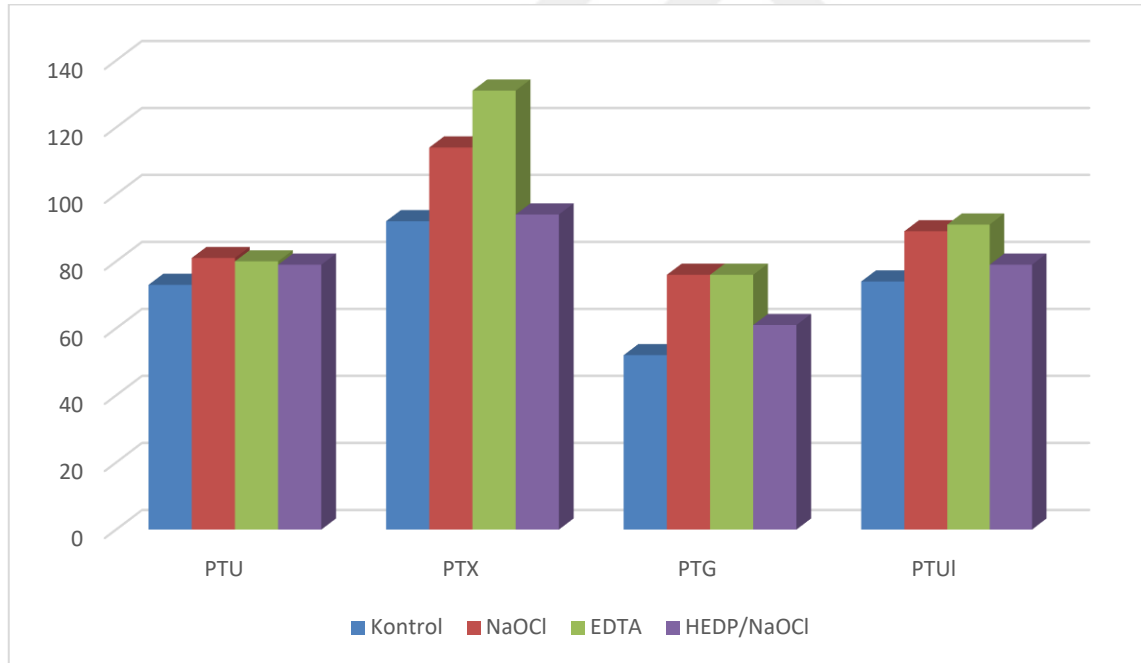
a. Grup Değişkeni: Eğe

HEDP-NaOCl uygulaması sonrası eğe grupları arasında yüzey pürüzlölükleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.05$). PTU grubunda ortalama Ra değeri 79.23, ortalama RMS değeri 100.25, PTX grubunda ortalama Ra değeri 99.45, ortalama RMS değeri 128.18, PTG grubunda ortalama Ra değeri 61.75, ortalama RMS değeri 77.63, PTUI grubunda ortalama Ra değeri 79.51, ortalama RMS değeri 105.63 olarak ölçölmüştür.

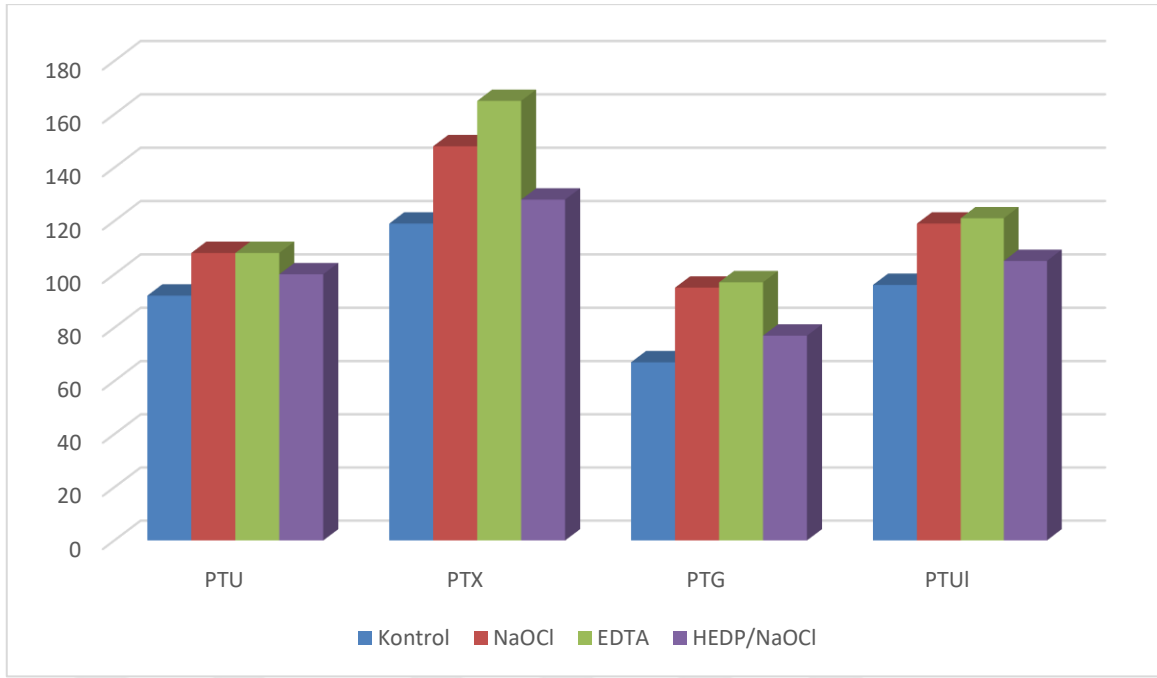
Tablo 10: HEDP-NaOCl solüsyonunun yüzey pürüzlölük değeri anlamlılık tablosu

Test İstatistiği		
	Ra	RMS
N	132	132
Median	75,72000	99,96500
Chi-Square	27,273	37,939
df	3	3
Asymp. Sig.	,000	,000

a. Grup Değişkeni: Eğe



Şekil 12: Ortalama Ra değeri göre yüzey pürüzlölükleri



Şekil 13: Ortalama RMS değerlerine göre yüzey pürüzlülükleri

4.3. Two-Way Anova Testi

Elde edilen veriler ile yapılan Two-way Anova testinde modeller ve solüsyonlar istatistiksel olarak kendi içinde anlamlı olmasına karşın model-solüsyon etkileşimi istatistiksel olarak anlamsız çıkmıştır.

Tablo 11:Two-way Anova Testi

Bağımlı Değişken : RMS

Kaynak	Kareler Toplamı (Type III SS)	Serbestlik Derecesi (df)	Kareler Ortalaması (Mean Square)	F	Anlamlılık(Sig.)
Düzeltilmiş Model	242058,592 ^a	15	16137,239	25,710	,000
Sabit (Intercept)	4219851,170	1	4219851,170	6723,038	,000
Solüsyon	46886,957	3	15628,986	24,900	,000
Model (Eğre)	142912,602	3	47637,534	75,896	,000
Solüsyon * Model	9274,621	9	1030,513	1,642	,101
Hata	266132,188	424	627,670		
Toplam	6089861,016	440			
Düzeltilmiş Toplam	508190,780	439			

a. $R^2 = ,476$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,458$)

ÇOKLU KARŞILAŞTIRMALAR

Elde edilen sonuçlar analiz edildiğinde solüsyonlar arasında NaOCl'nin ege üzerindeki etkisi EDTA ile istatistiksel olarak anlamsız çıkarken HEDP-NaOCl karışımı ile anlamlı bir farklılık bulunmaktadır.

Tablo 12: Solüsyonların eğeler üzerine etkisinin karşılıklı anlamlılık tablosu

Bağımlı Değişken : RMS

Tukey HSD

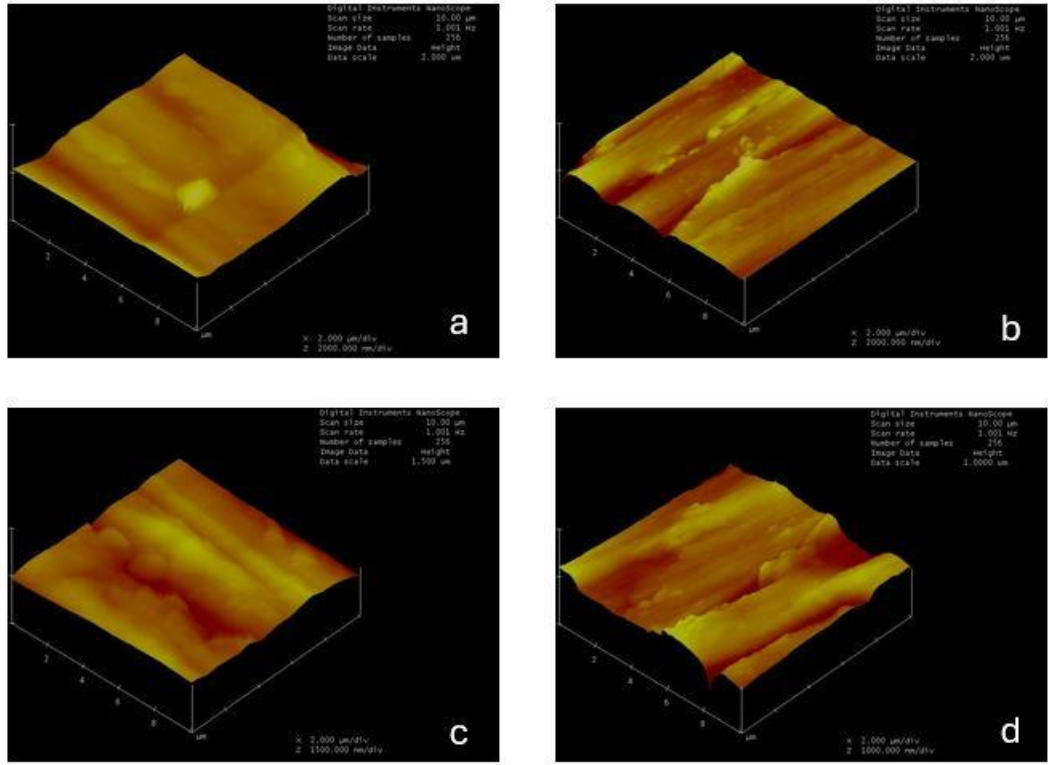
(I) Solüsyon (J) Solüsyon	Ortalama Fark (I-J)	Standart Sapma	Sig.	95% Güven Aralığı	
				Alt Sınır	Üst Sınır
NaOCl EDTA HEDP-NaOCl	-5,48720	3,083854	,285	-13,44122	2,46683
	14,95008*	3,083854	,000	6,99605	22,90410
EDTA NaOCl HEDP-NaOCl	5,48720	3,083854	,285	-2,46683	13,44122
	20,43727*	3,083854	,000	12,48325	28,39130
HEDP- NaOCl NaOCl EDTA	-14,95008*	3,083854	,000	-22,90410	-6,99605
	-20,43727*	3,083854	,000	-28,39130	-12,48325

Tablo 13: Model (ege) yüzey pürüzlülüğünün karşılıklı anlamlılık tablosu

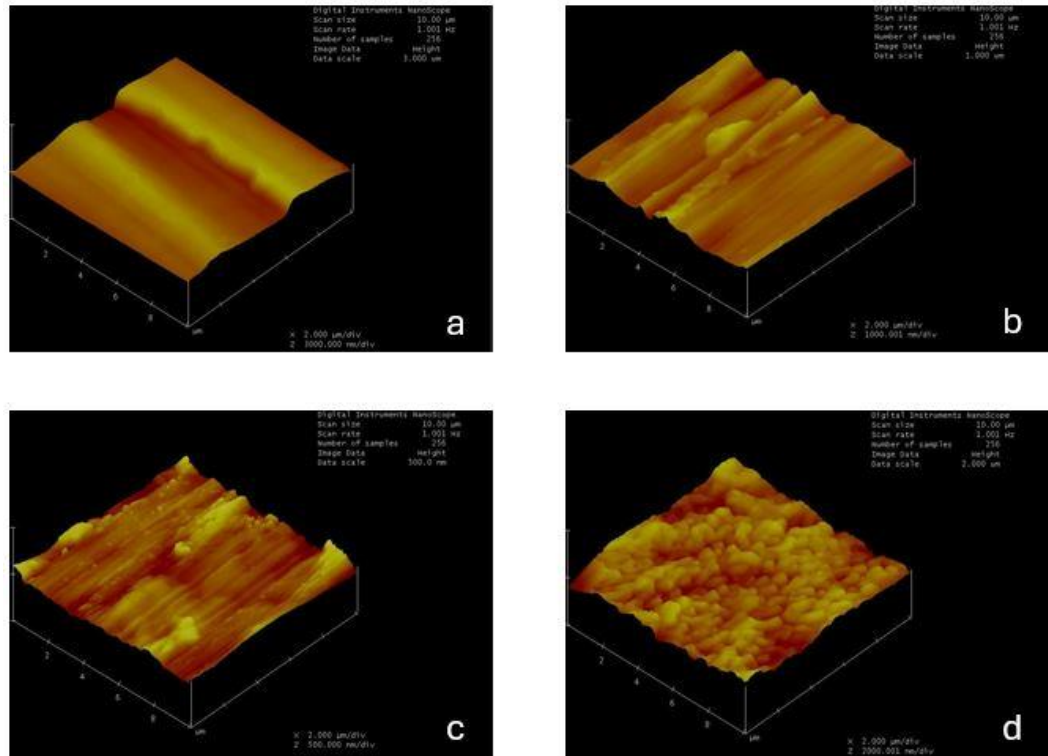
Bağımlı Değişken : RMS

Tukey HSD

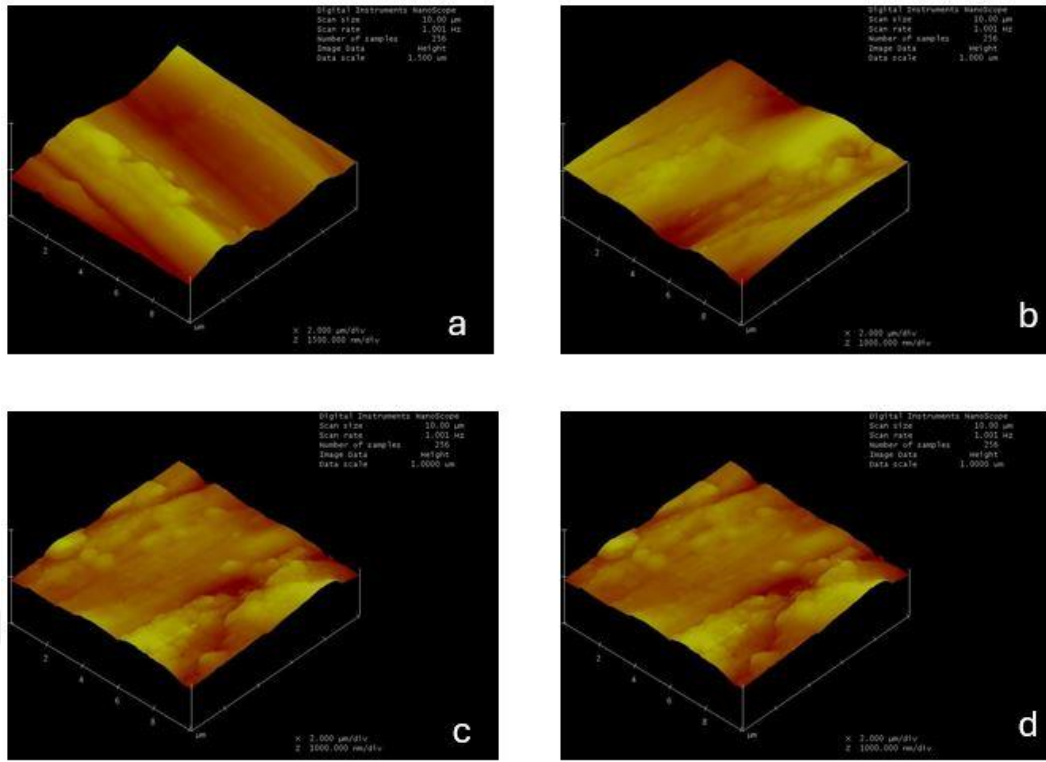
(I) Model (J) Model	Ortalama Fark (I-J)	Standart Sapma	Sig.	95% Güven Aralığı	
				Alt Sınır	Üst Sınır
Universal Next Gold Ultimate	-40,19173*	3,378193	,000	-48,90492	-31,47853
	16,25436*	3,378193	,000	7,54117	24,96756
	-9,34182*	3,378193	,030	-18,05502	-,62862
Next Universal Gold Ultimate	40,19173*	3,378193	,000	31,47853	48,90492
	56,44609*	3,378193	,000	47,73289	65,15929
	30,84991*	3,378193	,000	22,13671	39,56311
Gold Universal Next Ultimate	-16,25436*	3,378193	,000	-24,96756	-7,54117
	-56,44609*	3,378193	,000	-65,15929	-47,73289
	-25,59618*	3,378193	,000	-34,30938	-16,88298
Ultimate Universal Next Gold	9,34182*	3,378193	,030	,62862	18,05502
	-30,84991*	3,378193	,000	-39,56311	-22,13671
	25,59618*	3,378193	,000	16,88298	34,30938



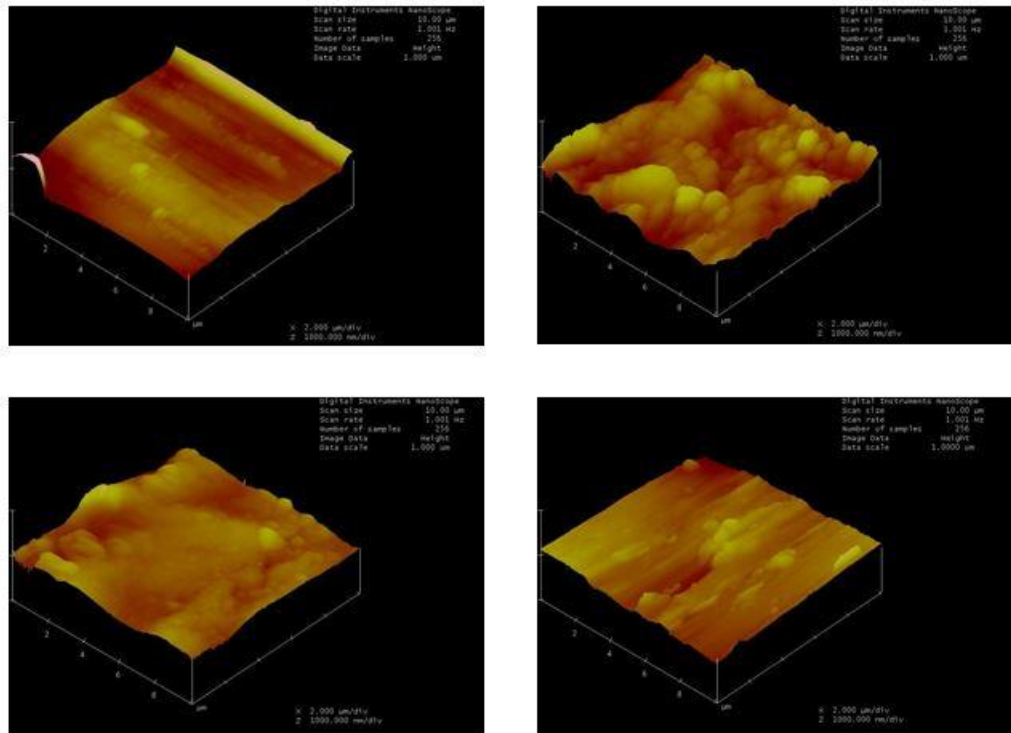
Şekil 14: ProTaper Universal eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre AFM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)



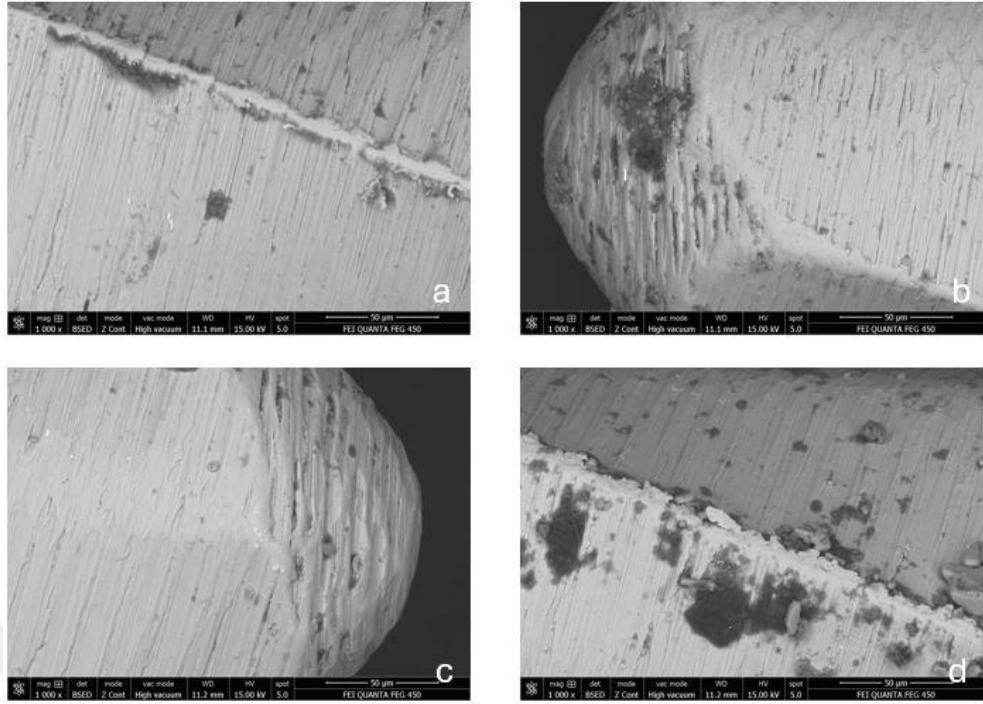
Şekil 15: ProTaper Next eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre AFM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)



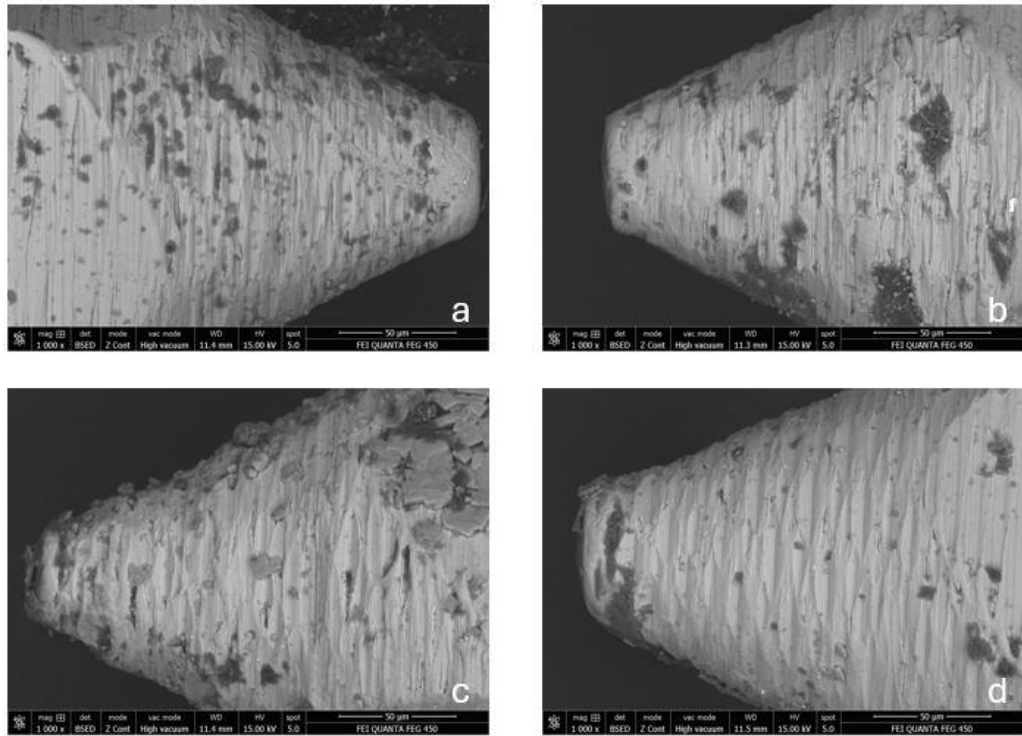
Şekil 16: ProTaper Gold eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre AFM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)



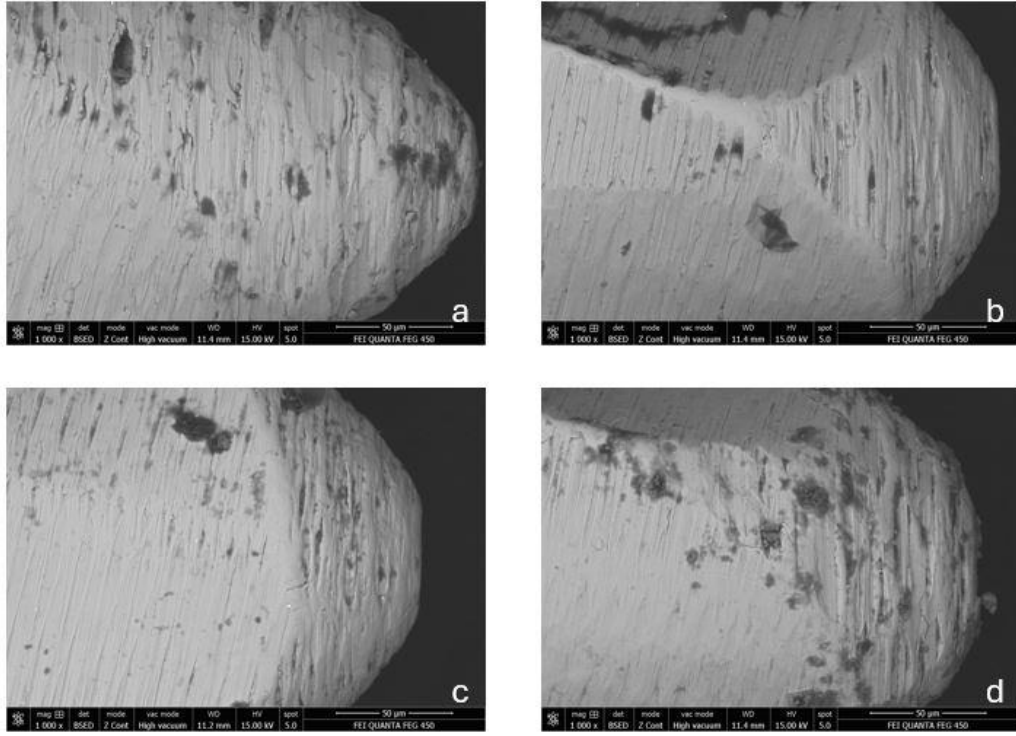
Şekil 17: ProTaper Ultimate eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre AFM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)



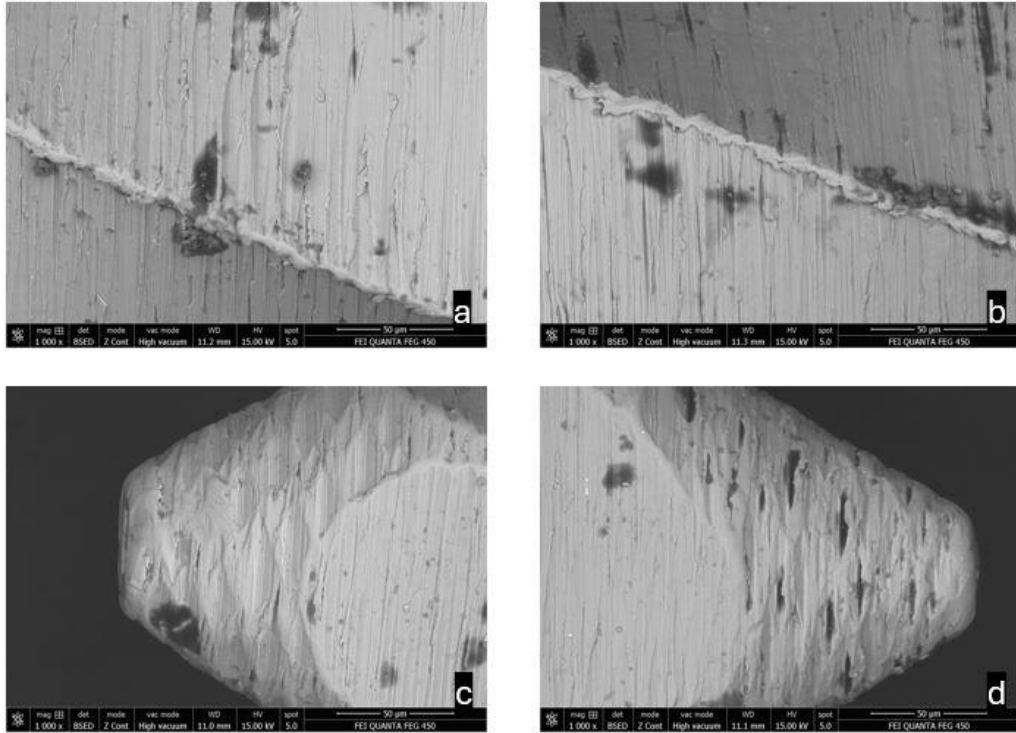
Şekil 18: ProTaper Universal eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre x1000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)



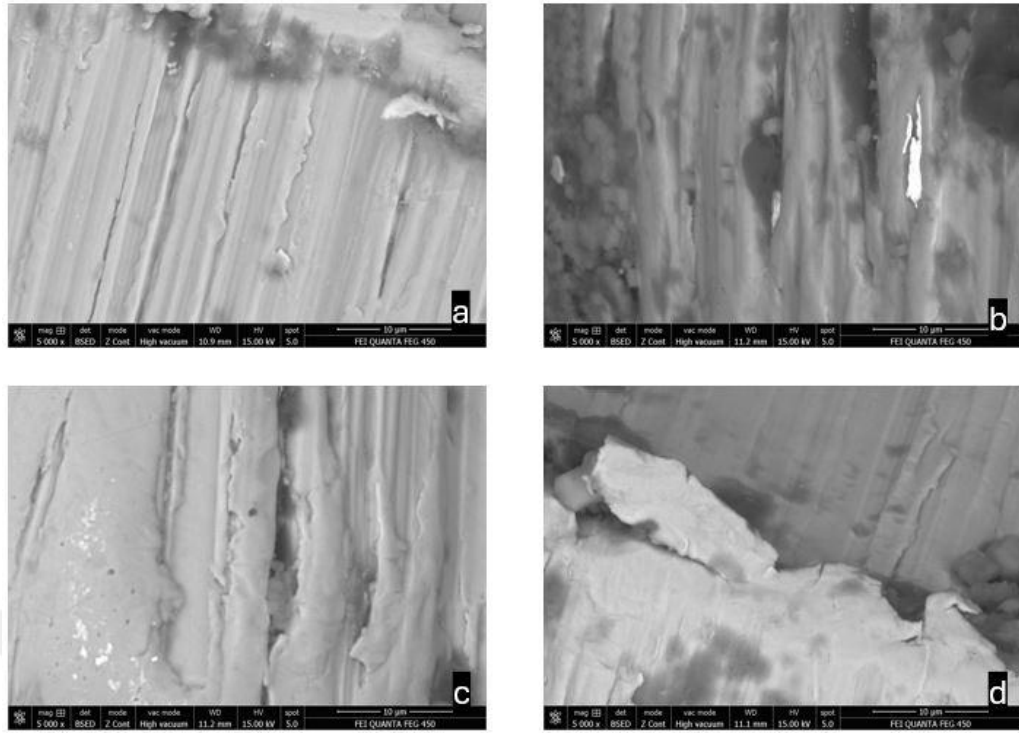
Şekil 19: ProTaper Next eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre x1000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)



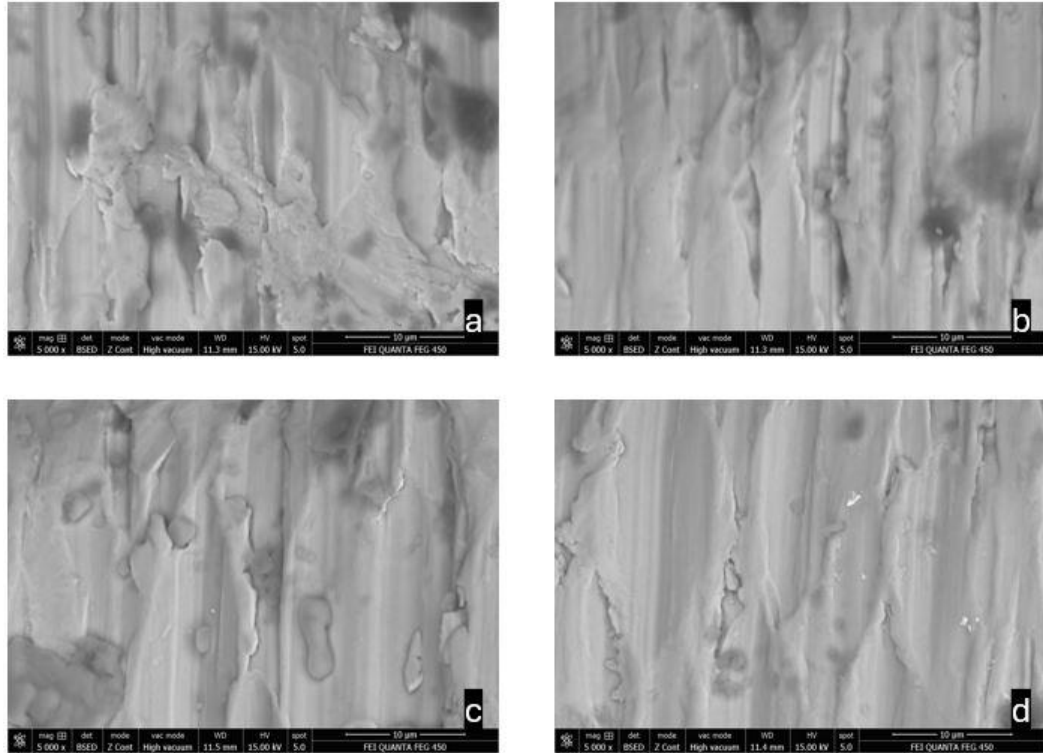
Şekil 20: ProTaper Gold eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre x1000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)



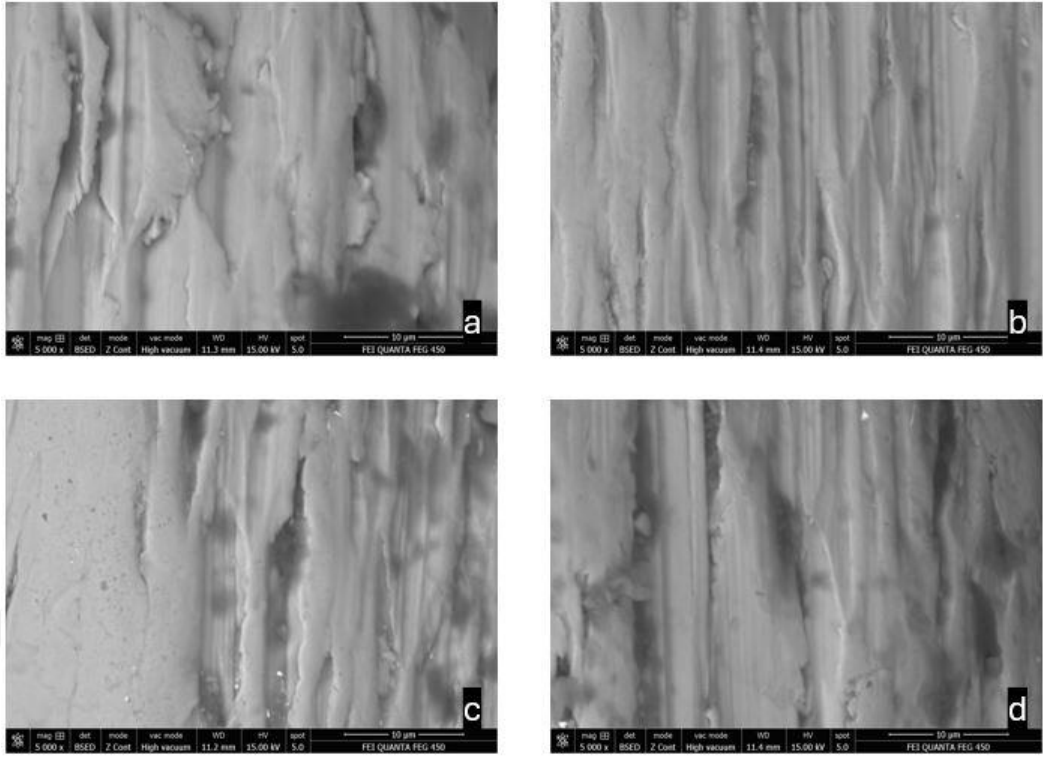
Şekil 21: ProTaper Ultimate eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre x1000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)



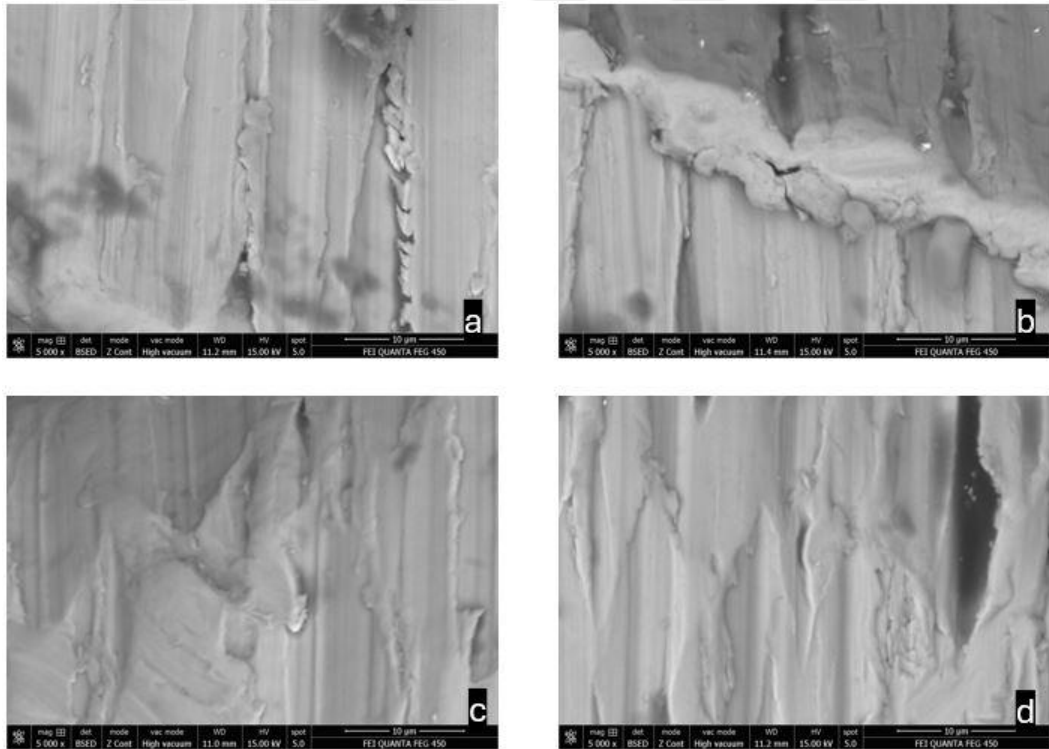
Şekil 22: ProTaper Universal eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre x5000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)



Şekil 23: ProTaper Next eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre x5000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)



Şekil 24: ProTaper Gold eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre x5000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)



Şekil 25: ProTaper Ultimate eğesine ait solüsyon maruziyetlerine göre x5000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. HEDP-NaOCl)

5. TARTIŞMA

Kök kanal tedavisinin temel hedefi, kök kanal sisteminin dezenfeksiyonunu gerçekleştirmek ve yeniden enfeksiyon oluşumunu engellemektir. Bu doğrultuda kanalın uygun eğelerle şekillendirilmesi kritiktir. Preparasyon sonrasında pulpa ve dentin artıklarının oluşturduğu organik ve inorganik kalıntılardan smear tabakası meydana gelir. Kök kanal sisteminin karmaşık morfolojisi, yalnızca şekillendirme işlemiyle tüm yüzeylere temas edilmesini engellemektedir. Bu durum endodontik tedavide etkin irrigasyonun, tedavinin temel aşamalarından biri olduğu gösterir(11, 82, 130). Kök kanal sisteminde yer alan bakteri, bakteri metabolitleri ve doku kalıntılarının uzaklaştırılabilmesi amacıyla, mekanik preparasyonun her aşamasında çözücü ve antimikrobiyal özellik gösteren irrigasyon solüsyonlarının uygulanması gerekmektedir(84). NaOCl; organik doku kalıntılarını çözme etkisi, düşük yüzey gerilimiyle dentin dokusuna hızlı difüzyon sağlayabilmesi, güçlü antimikrobiyal etkinliği, ulaşılabilirliği ve düşük maliyeti sebebiyle kemomekanik preparasyonda temel irrigasyon ajanıdır(131-133). Smear tabakasının uzaklaştırılmasındaki etkinliğinin sınırlı olması ve bazı dirençli mikroorganizmalar (Enterococcus, Actinomyces,) üzerinde düşük etki göstermesi sebebiyle, NaOCl'nin ek irrigasyon solüsyonlarıyla kombine halde kullanılması önerilmektedir(134). Literatüre bakıldığında bu kombinasyon için en sık EDTA solüsyonu kullanılmaktadır. EDTA, smear tabakasının inorganik kısmını elimine etme ve dentini yumuşatarak dar veya kalsifiye kök kanallarının preparasyonuna olanak sağlama özelliği nedeniyle tercih edilmektedir(100). Öte yandan, NaOCl'nin smear tabakasının eliminasyonunda yeterli düzeyde etkinlik sağlayamaması ve EDTA'nın mevcut dezavantajları yeni solüsyon arayışına sebep olmuştur. HEDP ve NaOCl'nin kombine kullanımı, NaOCl'deki serbest klor sayısını azaltmadan yüksek antimikrobiyal etkinliğini koruyarak etkin irrigasyon sağlar(109). NaOCl-HEDP karışımının, yalnızca NaOCl'ye kıyasla daha üstün bir antimikrobiyal etkinlik sergilemesinin olası nedeni, HEDP'nin smear tabakasını temizleme ve dentin tübüllerini açma yeteneğinden kaynaklandığı düşünülmektedir(113). NaOCl-HEDP, tek seferde kullanımı, EDTA-NaOCl kombine kullanımında EDTA'nın NaOCl'ye negatif etkisinin elimine edilmesi, diğer

kombinasyonlara göre daha yüksek bir antimikrobiyal etki göstermesi(115) gibi pozitif özelliklere sahiptir.

Endodontik tedavide mekanik preparasyon ve irrigasyon işlemleri birbirini tamamlayan, sinerjistik etki gösteren iki temel aşamadır. İyi bir preparasyon yapılmayan kök kanalında etkin irrigasyon yapılması söz konusu değildir. Özellikle son yıllarda, etkin bir mekanik preparasyon için gelişmiş Ni-Ti kök kanal enstrümanları piyasaya sunulmuştur. Bu enstrümanlar oluşabilecek komplikasyonlara ve yetersiz preparasyon işlemine karşı üstün metalurjik özellikler ile donatılmıştır.

Ni-Ti döner sistemler yüksek esneklik ve dayanıklılık gibi üstün mekanik özellikler gösterse de klinik uygulamalarda öngörülemeyen kırılmalarla karşılaşabilmektedir(58). Bu enstrümanların kanal içerisinde kırılması endodontik tedaviyi zorlaştırmakla birlikte irrigasyonu büyük ölçüde engellemektedir.

Ni-Ti döner enstrümanlar kanal şekillendirmesi esnasında maruz kaldıkları kuvvetler sonucunda deformasyona uğrarlar. Bununla birlikte preparasyon sırasında irrigasyon solüsyonlarına temas ederler. Bütün bunların ege üzerinde deformasyon ve korozyona sebep olduğu yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur(135). O'Hoy ve ark.(136) farklı Ni-Ti eğelerin 1% NaOCl çözeltisinde bir gece bekletilmesi sonucu, tutma kısmına yakın segmentlerde belirgin korozyon oluştuğunu rapor etmişlerdir. Berutti ve ark.(137) PTU Ni-Ti eğelerin 50°C'de %5 NaOCl çözeltisine maruz kalması sonucu oluşan korozyon etkisini incelemiş, maruziyet sonrası kontrol grubuna kıyasla belirgin korozyon ve mikro çatlaklar görüldüğünü bildirmişlerdir.

Sağlam ve ark.(8) %2.5'lik ve %5'lik NaOCl, %2'lik klorheksidin ve MTAD solüsyonlarının ProTaper Universal #F3 eğeleri üzerine etkilerini RMS değeri üzerinden AFM ile analiz etmişlerdir. Biri kontrol egesi olmak üzere toplamda 5 örnekle yapılan çalışmada 4 örnek 4 farklı solüsyona 10 dakika maruz bırakılmıştır. Uygulama sonucu istatistiksel verilere göre tüm enstrümanların yüzey pürüzlülüğü anlamlı derecede artmıştır. MTAD en fazla yüzey pürüzlülüğüne sebep olan solüsyondur. %5'lik NaOCl, ege yüzeyinde %2.5'lik NaOCl'den daha fazla yüzey pürüzlülüğüne sebep olduğu gözlemlenmiştir.

Metal yüzeylerde oluşan morfolojik değişimlerin değerlendirilmesinde SEM ve AFM analizleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak SEM, yüzey topografisine dair yalnızca nitel bilgi sağlayabilir ve doğrudan nicel ölçüm yapma kapasitesine sahip

değildir(138). Ni-Ti eğelerin yüzey morfolojisinin değerlendirilmesinde, yüzey pürüzlülüğünü üç boyutlu ve yüksek hassasiyetle analiz edebilmesi nedeniyle AFM'nin kullanımı önerilmiştir(139, 140). AFM'de esnek bir kola bağlı küçük bir uç, örnek yüzeyini taramak için kullanılır. Uç ile yüzey arasındaki etkileşim, örneğin topografik özellikleri hakkında nitel ve nicel bilgiler sağlar(141).

Cai ve ark.(142) NaOCl ve EDTA'nın HyFlex (Coltene/Whaledent AG, Altstätten, Switzerland) ve M3 (United Dental, Shanghai, China) eğeleri üzerine etkilerini AFM ile incelemişlerdir. 72 örnekle yapılan bu çalışmada #25 no'lu döner enstrümanlar kullanılmış olup ilgili enstrümanlar 37 °C,10 dakika, dinamik halde NaOCl ve EDTA'ya maruz bırakılmıştır. Yapılan değerlendirmede; Hyflex eğelerde kontrol grubu ile NaOCl uygulaması yapılan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamış olup kontrol grubu ile EDTA uygulanan grup arasında anlamlı bir fark olduğu rapor edilmiştir. Çalışmada M3 eğelerde kontrol grubu ile hem NaOCl uygulanan grup hem EDTA uygulanan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunduğu ortaya konmuştur. EDTA solüsyonunun NaOCl'ye oranla ege yüzeylerine daha etkili olduğu da aynı çalışmada raporlanmıştır.

Topuz ve ark.(135) NaOCl'nin RaCe (FKG, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) eğeleri üzerine etkilerini, AFM ile incelemişlerdir. 4 örnekle yapılan çalışmada ikişer adet #30.04 ve #30.06 kanal enstrümanları kullanılmıştır. Eğelerden birer tanesi kontrol grubunu oluştururken diğer eğeler NaOCl'ye maruz bırakılıp apikal 3 mm'lik kısımlarından 11 farklı noktadan ölçümler yapmışlardır. İstatistiksel verilere göre NaOCl'nin kontrol gruplarına oranla anlamlı bir şekilde RaCe eğelerinin yüzey pürüzlülüğünü artırdığı saptanmıştır.

Sodyum hipokloritin metallerle karşı korozyon etkisi olduğu bilinmektedir. Bu durum, Ni-Ti aletlerin yüzeyinden nikelin seçici olarak uzaklaştırılmasına ve mikro çukurcuk (micro-pitting) oluşumuna yol açabilir. Bu tür mikroyapısal bozuklukların, gerilim birikimi, çatlak oluşumu ve nihayetinde alet yüzeyinin zayıflamasına neden olabileceği düşünülmektedir(137).

Ametrano ve ark.(9) %5.25'lik NaOCl ve %17'lik EDTA'nın PTU #S1, #S2, #F1, #F2 eğeleri üzerine etkilerini, AFM ile analiz etmişlerdir. Toplamda 20 örnek kullandıkları bu çalışmada irrigasyon solüsyonlarına maruz bırakma süresi 5 ila 10 dakikadır. Apikal 3mm'lik kısımlarından 20 farklı noktadan ölçümler yapılmıştır. Ra ve

RMS değerleri üzerinden yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre #F1 ve #F2 eğelerinin RMS değerleri #S1 ve #S2 eğelerine oranla anlamlı derecede yüksek olduğu saptanmıştır. NaOCl ve EDTA maruziyeti anlamlı derecede artışa sebep olmuştur.

Hamdy ve ark.(143) %5.25'lik NaOCl'in PTX, Hyflex CM, Hyflex EDM, Wave One Gold(Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) ve Trunatomy(Dentsply Sirona, Baillagues, Switzerland) eğeleri üzerine etkilerini, AFM ile inceledikleri çalışmada 10 örnek kullanmışlardır. Kontrol eğeleri haricindeki örnekler 15 dakika NaOCl'e maruz bırakılmıştır. Analiz sonucunda tüm eğelerde yüzey pürüzlülüğü anlamlı derecede artış göstermiştir.

Jose ve ark.(144) %5.25 NaOCl, %17 EDTA ve NaOCl-EDTA kombine kullanımının XP-Endo Shaper (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) ve Trunatomy(Dentsply Sirona, Baillagues, Switzerland) eğelerinin yüzey topografisine etkisi incelemişlerdir. Analiz Ra ve RMS değerleri üzerinden AFM ile yapılmıştır. Eğelerin irrigasyon solüsyonlarına 10 dakika maruz bırakıldığı bu çalışmanın sonuçlarına göre her iki eğede de EDTA, NaOCl'ye kıyasla yüzey pürüzlülüğüne anlamlı derecede daha fazla etki ettiği rapor edilmiştir.

Prasad ve ark.(145) %5 NaOCl, %17 EDTA ve Triphala'nın ProTaper #S2 ve RaCe #R3 eğeleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada Ra, Rc ve RMS değerleri üzerinden AFM ile analiz yapmışlardır. Eğelerin ilgili solüsyonlara 5 dakika dinamik bir şekilde daldırılması sonrasında yapılan ölçüm verilerine göre RaCe #R3 eğesinin ProTaper #S2 eğesine oranla daha fazla yüzey pürüzlülüğü gösterdiği gözlemlenmiştir. Aynı alışmada EDTA'ya maruz bırakılan örneklerin NaOCl'ye maruz bırakılan örneklerle kıyasla belirgin yüzey değişikleri rapor edilmiştir. Bunun EDTA'nın pH değerinin daha düşük olmasından kaynaklandığı dşnlmektedir.

Pedulla ve ark.(146) tarafından yapılan bir çalışmaya göre, %5.25 NaOCl, test edilen tüm eğelerin dngsel yorgunluğunu etkilememiştir; buna karşın %17 EDTA, eğelerin dngsel yorgunluk direncini 3 dakikalık daldırma sonrasında azaltmıştır.

Shaik ve ark.(147) Vortex Blue (Dentsply, Tulsa Dental, USA), ProTaper Next, Mtwo (VDW, Germany) ve RaCe (FKG, Dentaire, Switzerland) eğelerinden oluşan toplamda 12 örnek kullanılarak yaptıkları çalışmada, %5.25'lik NaOCl, %17'lik EDTA ve sterilizasyon prosedürüne maruz bırakılan eğelerin yüzey topografilerini AFM ile incelemişlerdir. Eğelerin apikal 3 mm'lik kısımlarından 5 farklı noktadan yapılan

ölçümler Ra ve RMS değeri üzerinden değerlendirip kontrol grubuna kıyasla yüzey topografisindeki farklılıkları istatistiksel olarak anlamlı bulmuşlardır.

Pallewar ve ark.(148) 81 örnekle yaptıkları çalışmada ESX (Brasseler, USA), TruShape (Dentsply Tulsa, USA) ve PTG eğelerinin %5.25'lik NaOCl ve %17'lik EDTA solüsyonuna maruz kaldıktan sonraki yüzey değişikliklerini AFM ile analiz etmişlerdir. Solüsyonlara 5 dakika maruz bırakılan eğelerin apikal 3mm'den yapılan ölçümler sonucu, uygulama yapılan eğelerde kontrol grubuna kıyasla anlamlı derecede pörözite artışının mevcut olduğu bildirilmiştir.

Sağlam ve Görgül(149), retreatment eğeleri ile yaptıkları AFM çalışmasında %2'lik NaOCl'nin 5 dakika maruziyeti sonucu ProTaper #D1 eğesinin yüzey pürüzlülüğünde anlamlı derecede farklılık olduğunu rapor etmişlerdir.

Uslu ve ark.(150) Hyflex CM #25-0.06 ve Hyflex EDM #25-0.08 eğelerine %5.25 NaOCl ve %17 EDTA maruziyeti sonucu yüzey pürüzlülüklerini AFM ile analiz etmişlerdir. Eğeleri 37 °C'de solüsyonlara 5 dakika dinamik bir şekilde daldırmışlardır. Apikal 3 mm'lik kısımdan 20 farklı noktadan aldıkları ölçümler sonucu Hyflex CM eğelerine 5 dakika ve 10 dakika NaOCl uygulaması ile 5 dakika EDTA uygulaması eğe yüzeylerinde anlamlı bir değişikliğe sebep olmadığı bildirilmiştir. Aynı egede 10 dakika EDTA uygulaması anlamlı yüzey değişimlerine sebep olduğu rapor edilmiştir. Çalışmada kullanılan diğer eğe Hyflex EDM'de ise bütün uygulamalar sonucu anlamlı bir şekilde yüzey topografisinde değişimler gözlemlenmiştir.

Fayyad ve ark.(10) 4 farklı eğenin %5.25 NaOCl ve %17 EDTA solüsyonuna maruziyeti sonucunda yüzey değişikliklerini, AFM ile incelemişlerdir. Çalışmada GTX (Dentsply Tulsa, Dental Specialties, Tulsa, ABD), TF (SybronEndo, Orange, CA, ABD), RaCe ve Hero Shaper (Micro Mega, Besancon, Fransa) eğelerini kullanmışlardır. İlgili eğeleri 37 °C solüsyonlara 5 dakika sürede dinamik bir şekilde daldırmışlardır. Apikal 3mm'den 15 farklı noktadan yapılan ölçümler sonucu GTX ve RaCe eğe yüzeylerinin NaOCl uygulamasından anlamlı derecede etkilenmediği bildirilirken TF ve Hero Shaper eğe yüzeyinde anlamlı değişiklikler gözlemlenmiştir. EDTA'nın ise herhangi bir egede yüzey değişikliğine anlamlı bir katkısının olmadığı rapor edilmiştir.

AFM analizi sonucu elde edilen Ra değeri yüzeyin aritmetik ortalama pürüzlülüğünü temsil ederken RMS değeri ortalama pürüzlülüğün karelerinin

toplamının karekökünü temsil etmektedir(127). Çoğu AFM çalışmasında Ra ve RMS değerleri ile analiz yapılmaktadır(8, 9, 135, 144, 145). Literatürde AFM analizi sonucu Depth değerini kullanan çalışmalar da mevcuttur(140, 151). Bu çalışmada yüzey pürüzlülüğündeki değişimleri Ra ve RMS değerleri üzerinden değerlendirilmiştir.

Uslu ve ark.(150) irrigasyon solüsyonlarına maruziyet süresi artmasının yüzey pürüzlülüğünün artmasına sebep olduğunu yaptıkları çalışmada rapor etmişlerdir. İlgili çalışmada 5 dakika EDTA maruziyeti ege yüzeylerinde anlamlı bir değişikliğe sebep olmaz iken 10 dakika EDTA uygulaması yüzey pürüzlülüğünü anlamlı bir şekilde artırmıştır. Literatürde örneklerin irrigasyon solüsyonlarına temas süresi değişkenlik göstermektedir. Hamdy ve ark.(143) eğeleri solüsyona 15 dakika maruz bırakırken Jose ve ark.(144), Sağlam ve ark.(8), Cai ve ark.(142) 10 dakika maruz bırakmışlardır. Çoğu çalışmada olduğu gibi (10, 135, 145, 147-149) klinik koşullarını daha iyi taklit etmesi bakımından, bu çalışmada da irrigasyon solüsyonlarının eğerlere temas süresi 5 dakika olarak belirlenip uygulanmıştır. Çalışmamızda örnekler irrigasyon solüsyonlarına dinamik bir şekilde maruz bırakılmışlardır.

PTU eğerlerinin Ra ve RMS değerleri incelendiğinde, çalışmamızda kullandığımız irrigasyon solüsyonlarına 5 dakika maruziyeti sonucunda %5 NaOCl, %17 EDTA ve NaOCl-HEDP karışımı yüzey pörözitesinde artışa sebep olsa da bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir. Ametrano ve ark.(9) %5.25'lik NaOCl ve %17'lik EDTA'nın PTU eğerler üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada NaOCl ve EDTA'nın yüzey pürüzlülüğünü anlamlı bir şekilde artırdığını rapor etmişlerdir. Sağlam ve ark.(8) %2.5'lik ile %5'lik NaOCl'in PTU egesinin yüzey pürüzlülüğünde anlamlı bir değişime sebep olduğunu bildirdikleri çalışmada solüsyonlara temas süresi 10 dakikadır. Elde edilen sonuçların birbirinden ayrışması çalışmamızda irrigasyon solüsyonlarına maruz bırakma süresinin 5 dakika, Ametrano ve ark. çalışmasında 5 ila 10 dakika, Sağlam ve ark. çalışmasında 10 dakika olmasıyla açıklanabilir.

PTX eğerlerinin Ra ve RMS değerlerine bakıldığında kontrol grubu dahil çalışmada kullandığımız bütün PTX eğerlerinin yüzey pürüzlülüğü diğer ege gruplarından anlamlı derecede yüksek çıkmıştır. Bununla birlikte irrigasyon solüsyonlarına 5 dakika maruziyet sonucu yapılan ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. Bu sonuçlara paralel olarak Hamdy ve ark.(143) 15 dakika 37 °C %5.25'lik NaOCl ve %17'lik EDTA maruziyeti sonucunda PTX egesinin yüzey

pürüzlülüğünde önemli bir artış meydana geldiğini bildirmişlerdir. PTX eğesinin yüzey pürüzlülüğünün diğer eğelerden anlamlı bir şekilde yüksek olması, kullandığımız diğer örneklerden farklı olarak ısıtım işlem görmüş M-Wire teknolojisi ile üretilmiş olmasından kaynaklandığını tahmin etmekteyiz.

Uygulamalar sonucu PTG eğeleri Ra ve RMS değerleri açısından ele alındığında irrigasyon solüsyonlarının 5 dakika teması sonucu eğe yüzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklılık olduğu gözlemlenmiştir. EDTA ve NaOCl uygulaması PTG eğelerinin yüzey pörözitesini belirgin bir şekilde artırmıştır. Bu çalışmada elde ettiğimiz sonuçlara paralel olarak Pallewar ve ark.(148) PTG eğelerini %5.25 NaOCl ve %17 EDTA'ya 5 dakika maruz bıraktıkları çalışmada her iki solüsyonun eğe yüzeyinde anlamlı bir artışa neden olduğunu rapor etmişlerdir.

Literatür taramasında PTU eğeleriyle döngüsel yorgunluk açısından birkaç çalışma mevcuttur(152, 153). Fakat yüzey pürüzlülüğü inceleyen herhangi çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, ilgili solüsyonlara 5 dakika maruz kalan PTU eğelerinin kontrol grubuna kıyasla eğe yüzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim görülmemiştir. %5 NaOCl ve %17 EDTA ve HEDP-NaOCl solüsyonu yüzey pörözitesinde artışa sebep olurken bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir.

NaOCl'nin uzun süreli teması metal yüzeylerde korozyon etki gösterdiği belirtilmiştir(144, 147-149). NaOCl'nin 5-10 dakika teması eğe yüzeylerinde pörözite artışına sebep olduğu bildirilse de bu çalışmada 5 dakika NaOCl maruziyetinin PTU ve PTU eğeleri üzerinde anlamlı bir pörözite artışına neden olmadığı saptanmıştır. Buna karşın PTX ve PTG eğelerinde anlamlı derecede yüzey pürüzlülüğünde artışa sebep olmuştur. Literatürde PTX, PTG eğelerinde olduğu gibi pörözite artışına sebep olduğu tespit edilen çalışmalar mevcuttur. Cai ve ark. (142) yaptıkları çalışmada %5.25'lik NaOCl'in anlamlı derecede yüzey pörözitesini artırdığını bildirmiştir. Topuz ve ark. (135) RaCe eğeleri üzerine yaptıkları çalışmada NaOCl uygulaması sonucu eğe pürüzlülüğünün anlamlı derece arttığını rapor etmişlerdir. NaOCl'nin anlamlı korozyon etkisini gösteren bir diğer çalışmada Ametrano ve ark. (9) PTU eğelerinin NaOCl'in anlamlı derecede yüzey pörözite değerini artırdığını tespit etmişlerdir. Hamdy ve ark.(143) yaptıkları çalışmada PTX, Hyflex CM, Hyflex EDM, Wave One Gold ve Trunatomy eğelerinin %5.25'lik NaOCl'den istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde etkilendiğini gözlemlemişlerdir. Sağlam ve ark. (8) %2.5 ve %5'lik NaOCl'in PTU

eğeleri üzerinde anlamlı bir değişikliğe yol açtığını bildirmişlerdir. Prasad ve ark. (145) PTU ve RaCe eğelerinde yaptıkları çalışmada %5'lik NaOCl'in yüzey pörözitesini anlamlı derecede artırdığını rapor etmişlerdir. Jose ve ark. (144) XP-Endo Shaper ve Trunatomy eğeleriyle yaptıkları çalışmada; %5.25 NaOCl uygulaması eğe yüzeylerinde pörözite artışına sebep olduğu rapor edilmiştir. NaOCl'nin koroziv etkisi daha birçok çalışmada belirtilmiştir.

EDTA solüsyonunun da NaOCl gibi güçlü koroziv etkiye sahip olduğu düşünülmektedir(145). Literatür incelendiğinde EDTA maruziyeti sonucu kök kanal eğelerinde yüzey pürüzlülüğünde anlamlı bir artış meydana geldiği birçok çalışmada bildirilmiştir. Bu tez araştırmasında; %17 EDTA solüsyonu PTX ve PTG eğeleri üzerinde anlamlı bir pörözite artışına sebep olmuştur. PTU ve PTUl eğelerinde ise artış görölse de bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir. Cai ve ark. (142) yaptıkları çalışmada EDTA'nın M3 ve Hyflex CM eğelerinde anlamlı bir yüzey değişimine sebep olduğunu bildirmişlerdir. Pallearwar ve ark.(148) ESX, TS ve PTG eğeleriyle yaptıkları çalışmada %17 EDTA anlamlı derecede yüzey değişimine sebep olduğunu bildirmişlerdir. Prasad ve ark.(145) PTU ve RaCe eğelerinin %17 EDTA solüsyonu maruziyeti sonucu yüzey topografisinde anlamlı değişim meydana geldiğini rapor etmişlerdir. Yine bu sonuçlara paralel olarak Shaik ve ark.(147) Vortex Blue, PTX, Mtwo ve RaCe eğelerinin 5 dakika %17 EDTA solüsyonuna teması sonucu yüzey pörözitesinin anlamlı miktarda arttığını gözlemlemişlerdir. Jose ve ark.(144) %17 EDTA solüsyonunun çalışmada kullandıkları eğeler üzerine anlamlı derecede pörözite artışına sebep olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmaların yanı sıra Uslu ve ark. (150) Hyflex CM ve Hyflex EDM eğeleri ile yaptıkları çalışmada 5 dakika %17 EDTA maruziyeti anlamlı bir değişim oluşturmaz iken 10 dakikalık EDTA maruziyeti yüzey topografisini anlamlı derecede değiştirdiği bildirilmiştir.

Yapılan literatür taramasında HEDP-NaOCl karışımının örneklerin yüzey pürüzlülüğünü etkilemesine yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bizim çalışmamızda örneklerin 5 dakika NaOCl-HEDP karışımına maruz bırakılması sonucu PTU, PTX, PTG ve PTUl eğelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişime sebep olmamıştır.

Literatürde yüzey pürüzlülüğü miktarının kullanılan enstrümana göre değiştiği bildirilmiştir(154). Cai ve ark.(142) yaptığı çalışmada %5.25'lik NaOCl uygulamasının

Hyflex eğeleri üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığı fakat M3 eğeleri üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğunu rapor etmişlerdir. Fayyad ve ark.(10) %5.25 NaOCl maruziyeti GTX ve RaCe eğelerinde anlamlı bir değişikliğe sebep olmazken TF ve Hero Shaper eğelerinde anlamlı bir porözite artışına sebep olduğu rapor edilmiştir. Bu çalışmada 4 farklı ProTaper eğesinin kontrol grupları ve uygulama yapılan grupları yüzey pürüzlülükleri açısından karşılaştırıldığında, PTX eğesinin yüzey porözitesi diğer eğelerden anlamlı derecede yüksektir. Bunun sebebinin PTX eğesinin M-Wire teknoloji ile üretilmiş olmasından kaynaklandığını tahmin edilmektedir.

Günümüze dek Ni-Ti kök kanal enstrümanları birçok farklı metalurjide çeşitli firmalar tarafından üretilip piyasaya sürülmüştür. Bu tez araştırmasında, irrigasyon solüsyonlarının farklı metalurji ile üretilen Ni-Ti kök kanal eğelerine farklı seviyede etki gösterdiği gözlemlenmiştir. Klinisyenlerin, kanal enstrümanlarının irrigasyon solüsyonlarından etkileneceğini göz önünde bulundurarak oluşabilecek komplikasyonlar ile karşılamamak adına bu enstrümanları dikkatli bir şekilde kullanmaları önerilir.

6.SONUÇ

Araştırma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde;

1. Her ne kadar in vitro çalışmalar klinik gerçekliği tamamen temsil etmese de, deneysel koşulların standardizasyonu sayesinde istatistiksel olarak karşılaştırılabilir veriler sunmaktadır.
2. 4 farklı ProTaper eğe sisteminin irrigasyon solüsyonlarına maruziyeti sonucu PTX ve PTG eğe sistemlerinde NaOCl ve EDTA anlamlı yüzey pörözite artışına sebep olmuştur.
3. Konvasiyonel Ni-Ti ile üretilen ProTaper Universal eğesi solüsyon maruziyetinden en az etkilenen eğe olmuştur.
4. ProTaper Next eğesi, Ra ve RMS değerleri incelendiğinde en yüksek ortalama sahip eğe grubu olsa da irrigasyon solüsyonları teması sonucu en yüksek pörözite artışı ProTaper Gold eğesinde gözlemlenmiştir.
5. Birçok çalışmada olduğu gibi EDTA NaOCl'ye oranla eğe yüzeyinde daha etkili değişimlere neden olmuştur.
6. HEDP-NaOCl karışımı eğe yüzeylerinde pörözite artışına sebep olsa da bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.
7. Taramalı Elektron Mikroskobu örnek yüzeylerinden nitel veri sağlarken Atomik Kuvvet Mikroskobu eğe yüzeylerini detaylı inceleme olanağı sağlayan istatistiksel veri sunar.
8. Eğelerin yüzey karakteristikleri hakkında daha derinlemesine bilgi edinilebilmesi amacıyla ek çalışmalara gereksinim vardır.

7. KAYNAKÇA

1. Lin J, Zeng Q, Wei X, Zhao W, Cui M, Gu J, et al. Regenerative endodontics versus apexification in immature permanent teeth with apical periodontitis: a prospective randomized controlled study. *Journal of endodontics*. 2017;43(11):1821-7.
2. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *Journal of endodontics*. 2004;30(8):559-67.
3. Walia H, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *Journal of endodontics*. 1988;14(7):346-51.
4. Yoneyama T, Kobayashi C. Endodontic instruments for root canal treatment using Ti–Ni shape memory alloys. *Shape memory alloys for biomedical applications*: Elsevier; 2009. p. 297-305.
5. Viana ACD, de Melo MCC, de Azevedo Bahia MG, Buono VTL. Relationship between flexibility and physical, chemical, and geometric characteristics of rotary nickel-titanium instruments. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2010;110(4):527-33.
6. Troian C, Só M, Figueiredo J, Oliveira E. Deformation and fracture of RaCe and K3 endodontic instruments according to the number of uses. *International endodontic journal*. 2006;39(8):616-25.
7. Oshida Y, Sachdeva RC, Miyazaku S. Microanalytical characterization and surface modification of TiNi orthodontic archwires. *Bio-medical materials and engineering*. 1992;2(2):51-69.
8. Sağlam BC, Koçak S, Koçak MM, Topuz Ö. Effects of irrigation solutions on the surface of ProTaper instruments: A microscopy study. *Microscopy research and technique*. 2012;75(11):1534-8.
9. Ametrano G, D’Antò V, Di Caprio M, Simeone M, Rengo S, Spagnuolo G. Effects of sodium hypochlorite and ethylenediaminetetraacetic acid on rotary nickel–titanium instruments evaluated using atomic force microscopy. *International endodontic journal*. 2011;44(3):203-9.
10. Fayyad D, Mahran A. Atomic force microscopic evaluation of nanostructure alterations of rotary N i T i instruments after immersion in irrigating solutions. *International endodontic journal*. 2014;47(6):567-73.

11. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *European Journal of Oral Sciences*. 1981;89(4):321-8.
12. Siqueira Jr JF, Lima KC, Magalhães FA, Lopes HP, de Uzeda M. Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *Journal of endodontics*. 1999;25(5):332-5.
13. Peters OA, Laib A, Göhring TN, Barbakow F. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. *Journal of endodontics*. 2001;27(1):1-6.
14. Waplington M, McRobert A. Shaping the root canal system. *British Dental Journal*. 2014;216(6):293-7.
15. Himel VT. Instruments, materials, and devices. *Pathways of the pulp*. 2006:233-89.
16. Thompson S. An overview of nickel–titanium alloys used in dentistry. *International endodontic journal*. 2000;33(4):297-310.
17. Sharma N, Raj T, Jangra K. Applications of nickel-titanium alloy. *Journal of Engineering and Technology*. 2015;5(1):1.
18. Otsuka K, Ren X. Physical metallurgy of Ti–Ni-based shape memory alloys. *Progress in materials science*. 2005;50(5):511-678.
19. Peters OA, Paqué F. Current developments in rotary root canal instrument technology and clinical use: a review. *Quintessence International*. 2010;41(6).
20. Andreasen GF, Hilleman TB. An evaluation of 55 cobalt substituted Nitinol wire for use in orthodontics. *The journal of the American dental association*. 1971;82(6):1373-5.
21. Bui TB, Mitchell JC, Baumgartner JC. Effect of electropolishing ProFile nickel–titanium rotary instruments on cyclic fatigue resistance, torsional resistance, and cutting efficiency. *Journal of endodontics*. 2008;34(2):190-3.
22. Li U-M, Iijima M, Endo K, Brantley WA, Alapati SB, Lin C-P. Application of Plasma Immersion Ion Implantation for Surface Modification of Nickel-titanium Rotary Instruments. *Dental materials journal*. 2007;26(4):467-73.
23. Metzger Z, Basrani B, Goodis HE. Instruments, materials, and devices. *Cohen's Pathways of the Pulp*. 2011:223-82.

24. Brantley W, Svec T, Iijima M, Powers J, Grentzer T. Differential scanning calorimetric studies of nickel titanium rotary endodontic instruments. *Journal of endodontics*. 2002;28(8):567-72.
25. Pereira E, Peixoto I, Viana A, Oliveira I, Gonzalez B, Buono V, Bahia M. Physical and mechanical properties of a thermomechanically treated NiTi wire used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *International endodontic journal*. 2012;45(5):469-74.
26. Kuhn G, Tavernier B, Jordan L. Influence of structure on nickel-titanium endodontic instruments failure. *Journal of endodontics*. 2001;27(8):516-20.
27. Anderson ME, Price JW, Parashos P. Fracture resistance of electropolished rotary nickel–titanium endodontic instruments. *Journal of endodontics*. 2007;33(10):1212-6.
28. Bonaccorso A, Tripi TR, Rondelli G, Condorelli GG, Cantatore G, Schäfer E. Pitting corrosion resistance of nickel–titanium rotary instruments with different surface treatments in seventeen percent ethylenediaminetetraacetic acid and sodium chloride solutions. *Journal of endodontics*. 2008;34(2):208-11.
29. Lopes HP, Elias CN, Vieira MV, Vieira VT, de Souza LC, Dos Santos AL. Influence of surface roughness on the fatigue life of nickel-titanium rotary endodontic instruments. *Journal of endodontics*. 2016;42(6):965-8.
30. Lopes H, Elias C, Vieira M, Vieira V, Inojosa I, Ferreira L. Influence of the surface roughness on the torsional resistance of nickel-titanium rotary endodontic instruments. *Endodontic Practice Today*. 2017;11(1).
31. Tabassum S, Zafar K, Umer F. Nickel-titanium rotary file systems: what's new? *European endodontic journal*. 2019;4(3):111.
32. Kim H-C, Yum J, Hur B, Cheung GS-P. Cyclic fatigue and fracture characteristics of ground and twisted nickel-titanium rotary files. *Journal of endodontics*. 2010;36(1):147-52.
33. Berendt C, Yang J, editors. *Endodontic instruments with improved fatigue resistance*. International Conference on Shape Memory and Superelastic Technologies; 2006: ASM International, Pacific Grove, CA.
34. Alapati SB, Brantley WA, Iijima M, Clark WA, Kovarik L, Buie C, et al. Metallurgical characterization of a new nickel-titanium wire for rotary endodontic instruments. *Journal of endodontics*. 2009;35(11):1589-93.
35. Johnson E, Lloyd A, Kuttler S, Namerow K. Comparison between a novel nickel-titanium alloy and 508 nitinol on the cyclic fatigue life of ProFile 25/. 04 rotary instruments. *Journal of endodontics*. 2008;34(11):1406-9.

36. Berendt C. Inventor Method of preparing NiTiinol for use in manufacturing instruments with improved fatigue resistance. US patent Application 200700721472007. 2007.
37. Testarelli L, Plotino G, Al-Sudani D, Vincenzi V, Giansiracusa A, Grande NM, Gambarini G. Bending properties of a new nickel-titanium alloy with a lower percent by weight of nickel. *Journal of endodontics*. 2011;37(9):1293-5.
38. Shen Y, Zhou H-m, Zheng Y-f, Campbell L, Peng B, Haapasalo M. Metallurgical characterization of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments. *Journal of endodontics*. 2011;37(11):1566-71.
39. Kusy RP. A review of contemporary archwires: their properties and characteristics. *The Angle Orthodontist*. 1997;67(3):197-207.
40. Hu W, Whitten B, Sedgley C, Svec T. Effect of three NiTi files on transportation of the apical foramen. *International Endodontic Journal*. 2014;47(11):1064-71.
41. Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys—a review. *International endodontic journal*. 2018;51(10):1088-103.
42. Pinheiro S, Alcalde M, Vivacqua-Gomes N, Bramante CM, Vivan RR, Duarte MA, Vasconcelos B. Evaluation of apical transportation and centring ability of five thermally treated NiTi rotary systems. *International endodontic journal*. 2018;51(6):705-13.
43. Elnaghy AM, Elsaka SE. Shaping ability of ProTaper Gold and ProTaper Universal files by using cone-beam computed tomography. *Indian Journal of Dental Research*. 2016;27(1):37-41.
44. Duque JA, Vivan RR, Cavenago BC, Amoroso-Silva PA, Bernardes RA, Vasconcelos BCd, Duarte MAH. Influence of NiTi alloy on the root canal shaping capabilities of the ProTaper Universal and ProTaper Gold rotary instrument systems. *Journal of Applied Oral Science*. 2017;25(1):27-33.
45. Silva E, Belladonna F, Zuolo A, Rodrigues E, Ehrhardt I, Souza E, De-Deus G. Effectiveness of XP-endo Finisher and XP-endo Finisher R in removing root filling remnants: a micro-CT study. *International endodontic journal*. 2018;51(1):86-91.
46. Khasnis SA, Kar PP, Kamal A, Patil JD. Rotary science and its impact on instrument separation: A focused review. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*. 2018;21(2):116-24.
47. Staffoli S, Grande NM, Plotino G, Özyürek T, Gündoğar M, Fortunato L, Polimeni A. Influence of environmental temperature, heat-treatment and design on

the cyclic fatigue resistance of three generations of a single-file nickel–titanium rotary instrument. *Odontology*. 2019;107(3):301-7.

48. Daneshmand S, Kahrizi EF, Abedi E, Abdolhosseini MM. Influence of machining parameters on electro discharge machining of NiTi shape memory alloys. *International Journal of electrochemical science*. 2013;8(3):3095-104.
49. Pirani C, Iacono F, Generali L, Sassatelli P, Nucci C, Lusvarghi L, et al. HyFlex EDM: superficial features, metallurgical analysis and fatigue resistance of innovative electro discharge machined NiTi rotary instruments. *International endodontic journal*. 2016;49(5):483-93.
50. Torabinejad M, Lemon R. Procedural accidents. *Endodontics: Principles and Practice*. Elsevier: Saunders; 2009.
51. Parashos P, Gordon I, Messer HH. Factors influencing defects of rotary nickel-titanium endodontic instruments after clinical use. *Journal of endodontics*. 2004;30(10):722-5.
52. Gambarini G. Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instruments after clinical use with low-and high-torque endodontic motors. *Journal of endodontics*. 2001;27(12):772-4.
53. Yared G, Bou Dagher F, Machtou P, Kulkarni G. Influence of rotational speed, torque and operator proficiency on failure of Greater Taper files. *International endodontic journal*. 2002;35(1):7-12.
54. Gambarini G. Rationale for the use of low-torque endodontic motors in root canal instrumentation. *Dental traumatology: Review article*. 2000;16(3):95-100.
55. Blum J, Cohen A, Machtou P, Micallef JP. Analysis of forces developed during mechanical preparation of extracted teeth using Profile NiTi rotary instruments. *International Endodontic Journal*. 1999;32(1):24-31.
56. Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *International endodontic journal*. 2003;36(2):86-92.
57. Shen Y, Cheung GS-p, Bian Z, Peng B. Comparison of defects in ProFile and ProTaper systems after clinical use. *Journal of endodontics*. 2006;32(1):61-5.
58. Alapati SB, Brantley WA, Svec TA, Powers JM, Nusstein JM, Daehn GS. SEM observations of nickel-titanium rotary endodontic instruments that fractured during clinical use. *Journal of endodontics*. 2005;31(1):40-3.
59. Pruett JP, Clement DJ, Carnes Jr DL. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *Journal of endodontics*. 1997;23(2):77-85.

60. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *Journal of endodontics*. 2000;26(3):161-5.
61. Dioguardi M, Crincoli V, Laino L, Alovizi M, Laneve E, Sovereto D, et al. Surface alterations induced on endodontic instruments by sterilization processes, analyzed with atomic force microscopy: A systematic review. *Applied Sciences*. 2019;9(22):4948.
62. Amza O, Dimitriu B, Suciu I, Bartok R, Chirila M. Etiology and prevention of an endodontic iatrogenic event: instrument fracture. *Journal of Medicine and Life*. 2020;13(3):378.
63. Cohen S, Hargreaves K. Cohen's Pathways of the Pulp, St Louis Missouri. Mosby Inc; 2011.
64. Küçükay S, Küçükay I, Yılmaz B. Kök kanalı şekillendirme yöntemleri. İstanbul: Promat AŞ. 2004;75.
65. Ruddle CJ. The ProTaper technique: Shaping the future of endodontics. *Endod Topics*. 2005;10(1):187-90.
66. Berutti E, Negro AR, Lendini M, Pasqualini D. Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary instruments. *Journal of Endodontics*. 2004;30(4):228-30.
67. Ruddle CJ. The ProTaper endodontic system: geometries, features, and guidelines for use. *Dentistry today*. 2001;20(10):60-7.
68. Ruddle CJ, Machtou P, West JD. The shaping movement 5th generation technology. *Dent Today*. 2013;32(4):94.
69. Elbyomi A, Eid G. Comparative study of the efficacy of two newly introduced rotary nickel titanium instruments in shaping of curved root canals. *CDJ*. 2008;24:447-56.
70. Shori DD, Shenoi PR, Baig AR, Kubde R, Makade C, Pandey S. Stereomicroscopic evaluation of dentinal defects induced by new rotary system: "ProTaper NEXT". *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*. 2015;18(3):210-3.
71. Hashem AAR, Ghoneim AG, Lutfy RA, Foda MY, Omar GAF. Geometric analysis of root canals prepared by four rotary NiTi shaping systems. *Journal of endodontics*. 2012;38(7):996-1000.
72. Bürklein S, Mathey D, Schäfer E. Shaping ability of ProTaper NEXT and BT-R a C e nickel–titanium instruments in severely curved root canals. *International endodontic journal*. 2015;48(8):774-81.

73. Koçak M, Çiçek E, Koçak S, Sağlam B, Yılmaz N. Apical extrusion of debris using ProTaper Universal and ProTaper Next rotary systems. *International endodontic journal*. 2015;48(3):283-6.
74. Van Der Vyver PJ, Scianamblo MJ. Clinical guidelines for the use of ProTaper Next instruments (part I). *Dental tribune*. 2014;7:12-6.
75. Elnaghy A, Elsaka S. Mechanical properties of ProTaper Gold nickel-titanium rotary instruments. *International Endodontic Journal*. 2016;49(11):1073-8.
76. Silva EJ, Martins JN, Lima CO, Vieira VT, Fernandes FMB, De-Deus G, Versiani MA. Mechanical tests, metallurgical characterization, and shaping ability of nickel-titanium rotary instruments: a multimethod research. *Journal of Endodontics*. 2020;46(10):1485-94.
77. Hieawy A, Haapasalo M, Zhou H, Wang Z-j, Shen Y. Phase transformation behavior and resistance to bending and cyclic fatigue of ProTaper Gold and ProTaper Universal instruments. *Journal of endodontics*. 2015;41(7):1134-8.
78. Uygun A, Kol E, Topcu M, Seckin F, Ersoy I, Tanriver M. Variations in cyclic fatigue resistance among ProTaper Gold, ProTaper Next and ProTaper Universal instruments at different levels. *International endodontic journal*. 2016;49(5):494-9.
79. Martins JN, Silva EJNL, Marques D, Ajuz N, Rito Pereira M, Pereira da Costa R, et al. Characterization of the file-specific heat-treated ProTaper Ultimate rotary system. *International endodontic journal*. 2023;56(4):530-42.
80. Mustafa M, Bagda KK, Oak A. An appraisal on newer endodontic file systems: A narrative review. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 2023;23:944-52.
81. Ibrahim HA, Ali AH, Mannocci F. Assessment of debris apical extrusion, unprepared surface areas, and dentinal crack formation after root canal preparation using ProTaper Next, ProTaper ultimate, and R-motion file systems. *Journal of Endodontics*. 2025;51(2):200-6.
82. Siqueira JF, Rôças IdN, Marceliano-Alves MF, Pérez AR, Ricucci D. Unprepared root canal surface areas: causes, clinical implications, and therapeutic strategies. *Brazilian oral research*. 2018;32(suppl 1):e65.
83. Yıldırım C. Kök kanal irrigasyonunda güncel yaklaşımlar. *Gulhane Medical Journal*. 2012;54(2).
84. Çalışkan MK. Endodontide tanı ve tedaviler: Nobel Tıp Kitabevleri; 2006.
85. Zehnder M. Root canal irrigants. *Journal of endodontics*. 2006;32(5):389-98.

86. Dutner J, Mines P, Anderson A. Irrigation trends among American Association of Endodontists members: a web-based survey. *Journal of endodontics*. 2012;38(1):37-40.
87. Tawakoli PN, Ragnarsson KT, Rechenberg DK, Mohn D, Zehnder M. Effect of endodontic irrigants on biofilm matrix polysaccharides. *International endodontic journal*. 2017;50(2):153-60.
88. Hong SW, Baik JE, Kang S-S, Kum K-Y, Yun C-H, Han SH. Sodium hypochlorite inactivates lipoteichoic acid of *Enterococcus faecalis* by deacylation. *Journal of Endodontics*. 2016;42(10):1503-8.
89. Boessler C, Peters OA, Zehnder M. Impact of lubricant parameters on rotary instrument torque and force. *Journal of endodontics*. 2007;33(3):280-3.
90. Johnson BR, Remeikis NA. Effective shelf-life of prepared sodium hypochlorite solution. *Journal of endodontics*. 1993;19(1):40-3.
91. Jungbluth H, Marending M, De-Deus G, Sener B, Zehnder M. Stabilizing sodium hypochlorite at high pH: effects on soft tissue and dentin. *Journal of endodontics*. 2011;37(5):693-6.
92. Macedo R, Wesselink P, Zaccheo F, Fanali D, Van Der Sluis L. Reaction rate of NaOCl in contact with bovine dentine: effect of activation, exposure time, concentration and pH. *International endodontic journal*. 2010;43(12):1108-15.
93. Moorer W, Wesselink P. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J*. 1982;15(4):187-96.
94. Fedorowicz Z, Nasser M, Sequeira-Byron P, de Souza RF, Carter B, Heft M. Irrigants for non-surgical root canal treatment in mature permanent teeth. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2012(9).
95. Guivarc'h M, Ordioni U, Ahmed HMA, Cohen S, Catherine J-H, Bukiet F. Sodium hypochlorite accident: a systematic review. *Journal of endodontics*. 2017;43(1):16-24.
96. Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation—literature review and case reports. *International endodontic journal*. 2000;33(3).
97. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *Journal of endodontics*. 2005;31(9):669-71.
98. Mohammadi Z, Shalavi S, Jafarzadeh H. Ethylenediaminetetraacetic acid in endodontics. *European journal of dentistry*. 2013;7(S 01):S135-S42.

99. Sreebny LM, Nikiforuk G. Demineralization of hard tissues by organic chelating agents. *Science*. 1951;113(2941):560-.
100. Kawasaki K, Ruben J, Stokroos I, Takagi O, Arends J. The remineralization of EDTA-treated human dentine. *Caries Research*. 1999;33(4):275-80.
101. Kuboki Y, Fujisawa R, Aoyama K, Sasaki S. Calcium-specific precipitation of dentin phosphoprotein: a new method of purification and the significance for the mechanism of calcification. *Journal of Dental Research*. 1979;58(9):1926-32.
102. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International endodontic journal*. 2003;36(12):810-30.
103. Wu L, Mu Y, Deng X, Zhang S, Zhou D. Comparison of the effect of four decalcifying agents combined with 60 C 3% sodium hypochlorite on smear layer removal. *Journal of endodontics*. 2012;38(3):381-4.
104. Crumpton BJ, Goodell GG, McClanahan SB. Effects on smear layer and debris removal with varying volumes of 17% REDTA after rotary instrumentation. *Journal of endodontics*. 2005;31(7):536-8.
105. Yoshida T, Shibata T, Shinohara T, Gomyo S, Sekine I. Clinical evaluation of the efficacy of EDTA solution as an endodontic irrigant. *Journal of endodontics*. 1995;21(12):592-3.
106. Zehnder M, Paque F. Disinfection of the root canal system during root canal re-treatment. *Endodontic Topics*. 2008;19(1):58-73.
107. Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *International endodontic journal*. 2003;36(6):411-5.
108. Tartari T, de Almeida Rodrigues Silva e Souza P, Vila Nova de Almeida B, Carrera Silva Júnior JO, Facíola Pessoa O, Silva e Souza Junior MH. A new weak chelator in endodontics: effects of different irrigation regimens with etidronate on root dentin microhardness. *International Journal of Dentistry*. 2013;2013(1):743018.
109. Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *Journal of endodontics*. 2005;31(11):817-20.
110. Yadav HK, Tikku A, Chandra A, Yadav RK, Patel DK. Efficacy of etidronic acid, BioPure MTAD and SmearClear in removing calcium ions from the root canal: An in vitro study. *European journal of dentistry*. 2015;9(04):523-8.

111. Ulusoy Ö, Mantı A, Çelik B. Nanohardness reduction and root dentine erosion after final irrigation with ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acids. *International Endodontic Journal*. 2020;53(11):1549-58.
112. Ulusoy Öİ, Zeyrek S, Çelik B. E valuation of smear layer removal and marginal adaptation of root canal sealer after final irrigation using ethylenediaminetetraacetic, peracetic, and etidronic acids with different concentrations. *Microscopy research and technique*. 2017;80(7):687-92.
113. Morago A, Ordinola-Zapata R, Ferrer-Luque CM, Baca P, Ruiz-Linares M, Arias-Moliz MT. Influence of smear layer on the antimicrobial activity of a sodium hypochlorite/etidronic acid irrigating solution in infected dentin. *Journal of endodontics*. 2016;42(11):1647-50.
114. Paqué F, Rechenberg D-K, Zehnder M. Reduction of hard-tissue debris accumulation during rotary root canal instrumentation by etidronic acid in a sodium hypochlorite irrigant. *Journal of endodontics*. 2012;38(5):692-5.
115. Giardino L, Del Fabbro M, Morra M, Pereira T, Bombarda de Andrade F, Savadori P, Generali L. Dual Rinse® HEDP increases the surface tension of NaOCl but may increase its dentin disinfection efficacy. *Odontology*. 2019;107(4):521-9.
116. Bogner A, Jouneau P-H, Thollet G, Basset D, Gauthier C. A history of scanning electron microscopy developments: Towards “wet-STEM” imaging. *Micron*. 2007;38(4):390-401.
117. Erdin N. Tarama elektron mikroskobunun temel prensipleri ve numune hazırlığı. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*. 1987:102-24.
118. Arana-Chavez VE, Castro-Filice LS. Transmission electron microscopy (TEM) and scanning electron microscopy (SEM) for the examination of dental hard tissues. *Odontogenesis: Methods and Protocols*: Springer; 2019. p. 325-32.
119. Yañez MJ, Barbosa SE. Changes in particle area measurements due to SEM accelerating voltage and magnification. *Microscopy research and technique*. 2003;61(5):463-8.
120. Paradella TC, Bottino MA. Scanning Electron Microscopy in modern dentistry research. *Brazilian Dental Science*. 2012;15(2):43-8.
121. Dykstra MJ, Reuss LE. *Biological electron microscopy: theory, techniques, and troubleshooting*: Springer Science & Business Media; 2011.
122. Ural N. The significance of scanning electron microscopy (SEM) analysis on the microstructure of improved clay: An overview. *Open Geosciences*. 2021;13(1):197-218.

123. Saghiri MA, Asgar K, Lotfi M, Karamifar K, Saghiri AM, Neelakantan P, et al. Back-scattered and secondary electron images of scanning electron microscopy in dentistry: a new method for surface analysis. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2012;70(6):603-9.
124. Murr L. Imaging systems and materials characterization. *Materials characterization*. 2009;60(5):397-414.
125. Jalili N, Laxminarayana K. A review of atomic force microscopy imaging systems: application to molecular metrology and biological sciences. *Mechatronics*. 2004;14(8):907-45.
126. Oura K, Lifshits V, Saranin A, Zotov A, Katayama M. *Surface science: an introduction*: Springer Science & Business Media; 2013.
127. Bhushan B. Surface roughness analysis and measurement techniques. *Modern tribology handbook, two volume set*: CRC press; 2000. p. 79-150.
128. McCauley CJ. *Shop reference for students and apprentices*: Industrial Press Inc.; 2000.
129. Burgess J, Cakir D. Surface roughness determination of a caries infiltrant resin. Data on file DMG, Hamburg, Germany. 2009.
130. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dental Clinics*. 2010;54(2):291-312.
131. Orstavik D. *Essential endodontology: prevention and treatment of apical periodontitis*: John Wiley & Sons; 2020.
132. Kaufman AY, Greenberg I. Comparative study of the configuration and the cleanliness level of root canals prepared with the aid of sodium hypochlorite and bis-dequalinium-acetate solutions. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1986;62(2):191-7.
133. Wesselink P, Bergenholtz G. *Treatment of the necrotic pulp*. 2003.
134. Cohen S, Burns R. *Pathways of the pulp 7 th edition*. Mosby St Louis, Missouri. 1998.
135. Topuz O, Aydin C, Uzun O, Inan U, Alacam T, Tunca YM. Structural effects of sodium hypochlorite solution on RaCe rotary nickel-titanium instruments: an atomic force microscopy study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2008;105(5):661-5.

136. O'hoy P, Messer H, Palamara J. The effect of cleaning procedures on fracture properties and corrosion of NiTi files. *International endodontic journal*. 2003;36(11):724-32.
137. Berutti E, Angelini E, Rigolone M, Migliaretti G, Pasqualini D. Influence of sodium hypochlorite on fracture properties and corrosion of ProTaper Rotary instruments. *International endodontic journal*. 2006;39(9):693-9.
138. Cavalleri G, Cantatore G, Costa A, Grillenzoni M, Comin Chiamonti L, Gerosa R. The corrosive effects of sodium hypochlorite on nickel-titanium endodontic instruments: assessment by digital scanning microscope. *Minerva stomatologica*. 2009;58(5):225-31.
139. Inan U, Aydin C, Uzun O, Topuz O, Alacam T. Evaluation of the surface characteristics of used and new ProTaper instruments: an atomic force microscopy study. *Journal of endodontics*. 2007;33(11):1334-7.
140. Valois CR, Silva LP, Azevedo RB. Multiple autoclave cycles affect the surface of rotary nickel-titanium files: an atomic force microscopy study. *Journal of Endodontics*. 2008;34(7):859-62.
141. Valois CR, Silva LP, Azevedo RB. Atomic force microscopy study of stainless-steel and nickel-titanium files. *Journal of endodontics*. 2005;31(12):882-5.
142. Cai JJ, Tang XN, Ge JY. Effect of irrigation on surface roughness and fatigue resistance of controlled memory wire nickel-titanium instruments. *International endodontic journal*. 2017;50(7):718-24.
143. Hamdy TM, Alkabani YM, Ismail AG, Galal MM. Impact of endodontic irrigants on surface roughness of various nickel-titanium rotary endodontic instruments. *BMC Oral Health*. 2023;23(1):517.
144. Jose J, Khandelwal A, Siddique R. Qualitative assessment of the surface topographic changes of XP-endo Shaper and TruNatomy files after exposure to sodium hypochlorite and ethylenediaminetetraacetic acid. *European Endodontic Journal*. 2021;6(2):197.
145. Prasad PS, Sam JE, Kumar A. The effect of 5% sodium hypochlorite, 17% EDTA and triphala on two different rotary Ni-Ti instruments: An AFM and EDS analysis. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*. 2014;17(5):462-6.
146. Pedullà E, Franciosi G, Ounsi HF, Tricarico M, Rapisarda E, Grandini S. Cyclic fatigue resistance of nickel-titanium instruments after immersion in irrigant solutions with or without surfactants. *Journal of endodontics*. 2014;40(8):1245-9.
147. Shaik I, Dasari B, Alapati S, Dhavala PC, Tiwari R, Tiwari HD. Effect of Sterilization and Irrigating Solutions on Nanostructure Alteration of Ni-Ti Rotary

- Instruments in Endodontics: An Atomic Force Microscopic Study. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*. 2024;16(Suppl 1):S613-S8.
148. Pallear AM, Garlapati R, Nagesh B, Gali PK, Sunil CR, Sujana V. Effect of NaOCl and EDTA Solutions on Topography of ESX, TruShape and ProTaper Gold NiTi Rotary Instruments—An Atomic Force Microscopic Study. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*. 2019;22(5):459-63.
149. Sağlam BC, Görgül G. Evaluation of surface alterations in different retreatment nickel-titanium files: AFM and SEM study. *Microscopy research and technique*. 2015;78(5):356-62.
150. Uslu G, Özyürek T, Yılmaz K. Effect of sodium hypochlorite and EDTA on surface roughness of HyFlex CM and HyFlex EDM files. *Microscopy Research and Technique*. 2018;81(12):1406-11.
151. Özdemir O, Koçak S, Koçak MM, Sağlam BC. Effects of repeated sterilization cycles on the surface alterations of ProTaper Next, TF Adaptive, HyFlex CM, and 2Shape instruments. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*. 2021;15(2):76.
152. Rubio J, Zarzosa J-I, Aranda S, Casino A, Pallarés A. A comparative study of cyclic fatigue of 6 endodontic systems. An in vitro study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*. 2022;14(7):e560.
153. Greco K, Paolone G, Cicero G, Tetè G, Cantile N, Sberna MT, et al. Cyclic fatigue resistance of four heat-treated nickel-titanium files in severely curved simulated canals: an in vitro study. *Journal of clinical medicine*. 2024;13(19):5739.
154. Stokes OW, Di Fiore PM, Barss JT, Koerber A, Gilbert JL, Lautenschlager EP. Corrosion in stainless-steel and nickel-titanium files. *Journal of Endodontics*. 1999;25(1):17-20.

8.EKLER

EK 1. İntihal Beyan Formu

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA

Endodonti Anabilim Dalında yürütülen “İrrigasyon Solüsyonlarının Farklı ProTaper Ege Jenerasyonlarının Yüzey Topografisine Etkisi: AFM ve SEM Çalışması” başlıklı tez için akademik intihal engelleme programında yapılan tarama sonucunda elde edilen benzerlik oranları aşağıdadır.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

18/11/2025

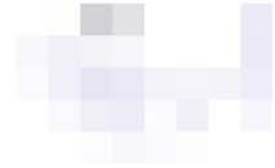
Öğrenci Adı-Soyadı

Kemal Can ÇALIOĞLU



Danışman Adı-Soyadı

Prof. Dr. Sibel KOÇAK



BENZERLİK ORANLARI: %11

Ek: İntihal tespit programı çıktısı

EK 2. İntihal Tespit Program Çıktısı

İRRİGASYON SOLÜSYONLARININ FARKLI PROTAPER EĞE JENERASYONLARININ YÜZEY TOPOGRAFİSİNE ETKİSİ: AFM VE SEM ÇALIŞMASI

ORJİNALLİK RAPORU

% 11	% 9	% 5	% 5
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	% 3
2	Submitted to Bülent Ecevit Üniversitesi Öğrenci Ödevi	% 3
3	Özşahin, Abdulkadir. "Farklı Yapısal Özellikteki Nikel-titanyum Kök Kanal Enstrümanlarının Sodyum Hipoklorit ve Serum Fizyolojik Çözeltilerindeki Döngüsel Yorgunluklarının Karşılaştırılması", Ankara Üniversitesi (Turkey), 2024 Yayın	% 1
4	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	% 1
5	discovery.researcher.life İnternet Kaynağı	<% 1
6	acikerisim.sakarya.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
7	Submitted to Ondokuz Mayıs Üniversitesi Öğrenci Ödevi	<% 1
8	vs1.doczz.cz İnternet Kaynağı	<% 1

www.klinikpsikiyatri.org

9	İnternet Kaynağı	<%1
10	Submitted to Chester College of Higher Education Öğrenci Ödevi	<%1
11	pipeline-store.fr İnternet Kaynağı	<%1
12	Submitted to Istanbul University Öğrenci Ödevi	<%1
13	mrs.org İnternet Kaynağı	<%1
14	www.kingsdentalclinic.co.uk İnternet Kaynağı	<%1
15	Kebudi Benezra, Mira. "Diyot lazer kullaniminin Enterococcus faecalis biyofilmi üzerine etkisinin in vitro olarak incelenmesi", Bezmialem Vakif University (Turkey) Yayın	<%1
16	Akyol, Meltem. "Yeni Geliştirilen Biyoseramik Yapıdaki Kök Kanal Patının Dentin Adezyonunda Bazı Irrigasyon Maddelerinin Etkisinin Araştırılması", Ankara Üniversitesi (Turkey), 2024 Yayın	<%1
17	Sadıgli, Fuad. "Vertucci tip 2 konfigürasyona sahip mandibular molarların mezial kök kanallarında rotary ve resiprok eğe sistemlerinin oluşturduğu apikal transportasyonun mikro-bt ile incelenmesi", Bezmialem Vakif University (Turkey) Yayın	<%1

18	cdn.comu.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
19	docplayer.biz.tr İnternet Kaynağı	<% 1
20	dosyasb.saglik.gov.tr İnternet Kaynağı	<% 1
21	revista.uepb.edu.br İnternet Kaynağı	<% 1
22	worldwidescience.org İnternet Kaynağı	<% 1
23	www.researchgate.net İnternet Kaynağı	<% 1
24	International Commission on Large Dams. "Twenty-Eighth International Congress on Large Dams: Vingt-Huitième Congrès International Des Grands Barrages", CRC Press, 2025 Yayın	<% 1
25	J. N. R. Martins, E. J. N. L. Silva, D. Marques, N. Ajuz et al. " Characterization of the Ultimate Rotary System ", International Endodontic Journal, 2022 Yayın	<% 1
26	ATABEK, Didem, SUNGURTEKİN EKÇİ, Elif, BANİ, Mehmet and ÖZTAŞ, Nurhan. "The effect of various polishing systems on the surface", Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, 2016. Yayın	<% 1

27 Kaya, Birol. "Püskürtme Metoduyla Üretilen Fecr Alaşım İnce Filmlerin Yapısal ve Manyetik Özellikleri Üzerine Biriktirme Oranı ve Döner alt Tabaka Hızının Etkilerinin İncelenmesi", Balıkesir University (Turkey), 2024
Yayın <%1

28 repositorij.sfzg.unizg.hr
İnternet Kaynağı <%1

Alıntılarını çıkart Kapat Eşleşmeleri çıkar Kapat
Bibliyografyayı Çıkart Kapat

EK 3. Tez Yazım Değerlendirme Formu

DIŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA

Endodonti Anabilim Dalında yürütülen “İrrigasyon Solüsyonlarının Farklı ProTaper Eğe Jenerasyonlarının Yüzey Topografisine Etkisi: AFM ve SEM Çalışması” başlıklı ve uzmanlık öğrencisi Kemal Can ÇALIOĞLU tarafından hazırlanan uzmanlık tezinde;

- ☒ DIŞ KAPAK SAYFASI
- ☒ İÇ KAPAK SAYFASI
- ☒ TEZ KABUL VE ONAY SAYFASI
- ☒ ÖNSÖZ SAYFASI
- ☒ TÜRKÇE ÖZET
- ☒ İNGİLİZCE ÖZET (ABSTRACT)
- ☒ İÇİNDEKİLER
- ☒ SİMGELER ve KISALTMALAR
- ☒ ŞEKİL DİZİNİ (Gerekli ise)
- ☒ TABLO DİZİNİ (Gerekli ise)
- ☒ GİRİŞ
- ☒ GENEL BİLGİLER
- ☒ GEREÇ ve YÖNTEM
- ☒ BULGULAR
- ☒ TARTIŞMA
- ☒ SONUÇLAR
- ☒ KAYNAKLAR
- ☒ EKLER (Etik kurul onayı vb.)
- ☒ ÖZGEÇMİŞ
- ☒ İNTİHAL RAPORU
- ☒ FORMATLA İLGİLİ DİĞER HUSUSLAR (Alt bölümler, Latince isimler, Ondalık ayraçlar, Metin içerisindeki göndermeler ve kaynak göstermeler, Alıntılar, Dipnotlar, Simgeler ve kısaltmalar vb.)

Tez yazım kılavuzunda belirtildiği gibi hazırlanmıştır.

Yukarıda belirtilen hususlar tarafımdan kontrol edilmiştir.

Danışmanın Adı-Soyadı: Prof. Dr. Sibel KOÇAK

Tarih: 11.12.2025 İmza

Kontrol Eden

Adı-Soyadı: Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem ŞEKER

Tarih: 11.12.2025 İmza

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Kemal Can ÇALIOĞLU

Doğum Yeri/Tarihi :

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Bilgileri : Adıyaman Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi (2016-2021)

Çalıştığı Kurum : Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Endodonti Anabilim Dalı (2023-)

E-posta :