

T.C.
ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDODONTİ ANABİLİMDALI

**İRRİGASYON SOLÜSYONLARININ VE STERİLİZASYON
PROSEDÜRLERİNİN NİKEL TİTANYUM EĞELERİN YÜZEY
DEĞİŞİKLİKLERİNE ETKİSİNİN MİKROSKOBİK OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

DT. OLCA Y ÖZDEMİR

DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANLARI
DOÇ. DR. SİBEL KOÇAK
PROF. DR. BAĞDAGÜL HELVACIOĞLU KIVANÇ

ZONGULDAK

2019

T.C.
ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDODONTİ ANABİLİMDALI

**İRRİGASYON SOLÜSYONLARININ VE STERİLİZASYON
PROSEDÜRLERİNİN NİKEL TİTANYUM EĞELERİN YÜZEY
DEĞİŞİKLİKLERİNE ETKİSİNİN MİKROSKOBİK OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

DT. OLCA Y ÖZDEMİR

DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANLARI
DOÇ. DR. SİBEL KOÇAK
PROF. DR. BAĞDAGÜL HELVACIOĞLU KIVANÇ

ZONGULDAK

2019

KABUL ve ONAY

‘İRRİGASYON SOLÜSYONLARININ VE STERİLİZASYON PROSEDÜRLERİNİN NİKEL TİTANYUM EĞELERİN YÜZEY DEĞİŞİKLİKLERİNE ETKİSİNİN MİKROSKOBİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ’ başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Endodonti Anabilim Dalı doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

11. 07. 2019

Başkan: Prof. Dr. Güven KAYAOĞLU

Üye: Doç. Dr. Sibel KOÇAK

Üye: Prof. Dr. Emre BODRURLU

Üye: Doç. Dr. M. Murat KOÇAK

Üye: Doç. Dr. İsmail UZUN

ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

TARİH:

Doç. Dr. Zehra SAFİ ÖZ

Sağlık Bilimleri Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Akademik merdivenlerimin ilk basamağı saydığım doktora eğitimimin benim için mümkün kılınmasında büyük emekleri olan, tez çalışmam sırasında bana yol gösteren, bilgi ve tecrübesini hiç koşulsuz benimle paylaşan, mesleki anlamda bana sonsuz katkı sağlayan, iyi bir hekim, iyi bir endodontist, iyi bir bilim adamı ve iyi bir ekip üyesi nasıl olunur kendisinden görerek çok şeyler öğrendiğim, değerli doktora danışman hocam Doç. Dr. Sibel KOÇAK'a,

Hiçbir zaman benden desteklerini esirgemeyen, sorduğum bütün sorulara içtenlikle cevap veren, bilim ağacı nasıl budanır bana sayısız kere yol gösteren saygıdeğer hocalarım Doç. Dr. Murat KOÇAK ve Doç. Dr. Baran Can SAĞLAM'a

Doktora eğitimim boyunca bilimsel katkı ve tecrübelerini benden esirgemeyen, desteklerini her konuda ve her zaman üzerimde hissettiğim saygıdeğer hocalarım Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı ve Endodonti Anabilim Dalı Başkanı sayın Prof. Dr. Emre BODRUMLU ve Doç. Dr. Sevinç AKTEMUR TÜRKER'e,

Sadece doktora tez sürecimde değil, lisans eğitimimde de bana katkı sağlayan, Endodonti adına kendilerinden hem klinik hem de teorik olarak çok şeyler öğrendiğim Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı saygıdeğer öğretim üyeleri, doktora ikinci tez danışmanım Prof. Dr. Bağdagül HELVACIOĞLU KIVANÇ ve Prof. Dr. Güven KAYAOĞLU'na

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'ndeki iş ve doktora eğitim hayatım boyunca yanımda olan, doktora sürecimi en iyi anlayan çok değerli dostlarım Dr. Dt. Ecehan HAZAR, Dr. Öğr. Üyesi Ahmet HAZAR ve Dr. Öğr. Üyesi Gaye SAĞLAM'a,

Bir üyesi olmaktan gurur ve mutluluk duyduğum, mükemmel çalışma ortamım Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı ailesinin bütün mensupları, sevgili çalışma arkadaşlarım Uzm. Dt. Faruk Furkan ŞAHİN, Uzm. Dt. Vildan TEK, Uzm. Dt. Gülçin SEVENCAN CAGAY, Dt. Uygur HIZARCI, Dt. Zeynep ALAGÖZ, Dt. Fatih EROL, Dt. Ezgi COŞKUN, Dt. Esmâ DİNÇER, Dt. Sevcan AKÇA, Dt. Sena KAŞIKÇI, Dt. Ceren KARATEKİN, Dt. Büşra DEMİR ÇİÇEK, Dt. İsmail KONYALI'ya, klinik ve akademik eğitimimin bir parçası olarak gördüğüm ve birçok şeyi beraber öğrendiğimiz sevgili öğrenci arkadaşlarıma,

Doktora eğitimimin Ankara kolunun işleyişi açısından benden desteklerini esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Dr. Dt. Mügem GÜREL ve Uzm. Dt. Onur ETÖZ'e,

Tez araştırmama maddi destek sağlayan Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü'ne, laboratuvar çalışmalarımın görüntü analizlerindeki katkılarından dolayı Öğr. Gör. İhsan AKŞİT ve Uzm. Cengiz TEMİZ'e,

Sevgisini benden esirgemeyen, fikirlerine her zaman saygı gösterdiğim, akademisyen olmaya çalışan bir eş ve anne için desteğini hep hissettiğim hayat arkadaşım Uzm. Dr. Onur ÖZDEMİR'e ve çalışan bir anne için şartları mümkün olan en kolay hale getiren, beni hiçbir koşulda üzmeyen, yaşına rağmen kendisinden çok şeyler öğrendiğim ve öğrenmeye devam edeceğim, en iyi arkadaşım olan canım oğlum Sarp ÖZDEMİR'e,

Bugünlere gelmemde maddi ve manevi en büyük emeğe sahip, haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim, çalışmanın ve emek vermenin karşılığını her zaman alacağımı ve hangi meslek grubu mensubu olursam olayım hiçbir zaman bilgi ve bilimin ışığından ayrılmamam gerektiğini öğreten, bana akademik hayatın etiğini yaşım çok küçükten itibaren aşıl原因ayan canım annem Prof. Dr. Türkan KOPAÇ ve canım babam Prof. Dr. Mehmet KOPAÇ'a, desteğini her zaman hissettiğim canım kardeşim Dr. Orkun KOPAÇ'a sonsuz teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

Olca ÖZDEMİR

Temmuz, 2019

ÖZET

Olca ÖZDEMİR. İrrigasyon Solüsyonlarının ve Sterilizasyon Prosedürlerinin Nikel Titanyum Eğelerin Yüzey Değişikliklerine Etkisinin Mikroskopik Olarak Değerlendirilmesi. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Zonguldak, 2019.

Kök kanal tedavisinin birincil amacı; kök kanal sisteminin efektif olarak temizlenmesi, prepare edilmesi ve doldurulmasıdır. Döner nikel titanyum (Ni-Ti) aletler preparasyonun olmazsa olmaz elemanıdır. Teknolojinin gelişmesi ile geçmişten günümüze farklı firmalar tarafından, çeşitli döner ege sistemleri piyasaya sunulmuştur. Son yıllarda endodonti alanında Ni-Ti eğelerin alaşımının imalatında önemli gelişmeler meydana gelmiştir. Ni-Ti aletlerin avantajlarına rağmen, klinik kullanımda beklenmeyen kırılmalar meydana gelmektedir. Eğeler önceden oluşmuş gözle görünür kalıcı deformasyon olsa da olmasa da kırılabilir. Klinik uygulamalarda kırık alet parçaları potansiyel zorluk oluşturur, endodontik tedavinin başarısını tehlikeye atabilir. Günümüzde, döner Ni-Ti aletlerin kaç kez kullanılması gerektiğine dair bir fikir birliği yoktur. Bazı üreticiler eğelerin bir kez kullanılmasını önerirler. Fakat yüksek maliyet nedeniyle çoğunlukla eğeler otoklav sterilizasyonu sonrası tekrar kullanılırlar. Dezenfeksiyon, sterilizasyon ya da irrigasyon sırasında oluşan kimyasal reaksiyonlar korozyona ve/veya aletlerin bozulmasına ve erken kırılmalara neden olabilir.

Bu çalışmanın amacı değişik irrigasyon solüsyonları ve tekrarlayan sterilizasyon prosedürlerinin 4 farklı Ni-Ti döner aletin [2shape (Micro Mega, BesanconCedex, Fransa), ProTaper Next (Dentsply Maillefer, Ballaigus, İsviçre), TF-Adaptive (SybronEndo, Orange, CA, ABD) ve HyFlex CM (Coltene, Whaledent, Altstatten, İsviçre)] yüzey değişikliğine etkisinin incelenmesidir. Bir grup ege 5 kez sterilize edildi, diğer gruplar sodyum hipoklorit (NaOCl), etilendiamintetraasetik asit (EDTA), Q-Mix 2in1 (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, BK) ve BioPure MTAD (Dentsply, Tulsa Dental, Oklahoma, ABD) solüsyonlarında 5 dakika süreyle dinamik olarak bekletildi. Topografik özellikleri atomik kuvvet mikroskobu (AFM) ile incelendi. RMS değerleri, değişik magnifikasyonlardaki SEM görüntüleri ve 3 boyutlu görüntüler elde edildi.

AFM analizi sonucu elde edilen RMS ve Depth verilerine göre çalışmaya dahil edilen eğelerden Hyflex CM harici bütün eğeler irrigasyon solüsyonlarından ve tekrarlayan sterilizasyon işlemlerinden etkilendi. İrrigasyon solüsyonları ve sterilizasyon

prosedürleri en çok ProTaper Next döner eğe sisteminin yüzeyinde bozulmaya neden oldu.

Sonuç olarak irrigasyon işlemleri ve tekrarlayan sterilizasyon prosedürleri eğe yüzeylerinde bozulmalara neden olmaktadır. Klinisyenler beklenmeyen hatalar ile karşılaşmamak adına eğeleri deforme edici etkileri göz önünde bulundurmalıdır.

Anahtar Kelimeler: 2shape, atomik kuvvet mikroskobu, Hyflex CM, ProTaper Next, TF-Adaptive, yüzey analizi



ABSTRACT

Olcay ÖZDEMİR. Microscopic Evaluation of Irrigation Solutions and Sterilization Procedures on the Surface Alteration of Nickel Titanium Files. Zonguldak Bulent Ecevit University, Institute of Health Sciences, Department of Endodontics, PhD Thesis, Zonguldak, 2019.

The primary goal of the root canal treatment is effectively cleaning, shaping and filling the root canal systems. Chemomechanical root canal preparation is one of the most important step in endodontic treatment. Rotary nickel titanium (Ni-Ti) instruments are essential components of preparation. Various file systems have been marketed by different companies with the development of daily technology. In the field of endodontics, an important innovation has been developed by the manufacturing of Ni-Ti alloy files in recent years. Despite the many advantages of Ni-Ti instruments, unexpected fractures can occur during clinical use. Fracture of files can occur with or without any visible defects of previous permanent deformation. In practice, the potential difficulty according to remaining fractured pieces of the broken instruments is to compromise the outcome of endodontic treatment and result in tooth loss. To date, there is no consensus on how many times rotary Ni-Ti instruments should be used. Some manufacturers recommend single use of Ni-Ti files. But because of their high costs, files are frequently reused after autoclave sterilization. The chemical reactions that occur during disinfection, sterilization or irrigation may cause corrosion and/or deterioration of the instruments, leading to early fracture.

The aim of this study was to evaluate the effects of different irrigating solutions and repeated sterilization cycles on surface deteriorations of four brands of rotary NiTi instruments [2Shape (Micro Mega, BesanconCedex, France), ProTaper Next (Dentsply Malleifer, Ballaigus, Switzerland), TF-Adaptive (SybronEndo, Orange, CA, USA), HyFlex CM (Coltene Whaledent, Altstatten, Switzerland)].

One group instruments were sterilized 5 times, and the others were immersed in sodium hypochlorite (NaOCl %2,5), ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA %17), Q-Mix (Dentsply, Tulsa, Oklahoma, USA) and MTAD (Dentsply, Tulsa Dental, Oklahoma, USA) solutions for 5 min. dynamically. Topography of them were evaluated using Atomic Force Microscopy (AFM). The RMS values, three dimensional images and SEM images at various magnifications were obtained.

According to RMS and Depth data obtained from AFM analysis, all files except Hyflex CM were affected by irrigation solutions and repeated sterilization procedures. Irrigation solutions and sterilization procedures most often caused deterioration of the surface of the ProTaper Next rotary file system.

As a result, irrigation solutions and repeated sterilization procedures caused deterioration of file surfaces. Clinicians should consider the effects that derform files in order to avoid unexpected errors.

Keywords: 2shape, atomic force microscope, Hyflex CM, ProTaper Next, surface analysis, TF-adaptive.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL ve ONAY	iii
ÖNSÖZ	iv
ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
ŞEKİL DİZİNİ	xiii
TABLO DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Ni-Ti Alaşımları	3
2.3. Ni-Ti Kök Kanal Aletlerinin Üretimi	4
2.4. Metalurjik ve Mekanik Özellikler	4
2.4.1. Ni-Ti Döner Enstrümanların Dizayn Özelliklerindeki Gelişmeler	4
2.4.2 M- Wire / CM- Wire Ni-Ti Alaşımlar	5
2.4.3. R-Faz Ni-Ti Alaşımlar	6
2.4.4. T-Wire Ni-Ti Alaşımlar	6
2.5. Eğeler Üzerindeki Kimyasal, Biyolojik ve Fiziksel Etkiler	7
2.5.1. Korozyon	7
2.5.2. Sterilizasyon	7
2.6. Ni-Ti Enstrümanların Kırılma Nedenleri	7
2.7. Çalışmada Kullanılan Kök Kanal Aletleri	8
2.7.1. ProTaper NEXT	8
2.7.2. Twisted-File Adaptive	9
2.7.3. Hyflex CM	10
2.7.4. 2Shape	11
2.8. Kök Kanallarının İrrigasyonu	12
2.9. Çalışmada Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları	13
2.9.1. Sodyum Hipoklorit	13
2.9.2. Etilen Diamin Tetraasetik Asit	15
2.9.3. Q-Mix 2in1	17
2.9.4. Biopure MTAD	18

2.10. Çalışmada Kullanılan Görüntüleme Teknikleri.....	19
2.10.1. Stereomikroskop	19
2.10.2. Atomik Kuvvet Mikroskobu	19
2.10.3. Taramalı Elektron Mikroskobu.....	21
3. GEREÇ VE YÖNTEM	23
3.1. Grupların Kontrol Amaçlı Değerlendirilmesi	23
3.2. Eğelerin İrrigasyon Solüsyonlarına Maruz Bırakılması	25
3.3. Eğelerin Sterilizasyon İşlemine Maruz Bırakılması.....	25
3.4. Atomik Kuvvet Mikroskobu ile Yüzey Değerlendirmesi	26
3.5. İrrigasyon Solüsyonlarının Eğeler Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi	27
3.6. Sterilizasyon Prosedürlerinin Eğeler Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi	26
3.7. İstatistiksel Değerlendirme Yöntemi	27
4. BULGULAR.....	29
4.1. Farklı Ege Gruplarının İrrigasyon Ve Sterilizasyon Prosedürleri Uygulaması Sonucu Kontrol Gruplarına Göre Depth Bulguları Açısından Değerlendirilmesi	29
4.2. Farklı Ege Gruplarının İrrigasyon Ve Sterilizasyon Prosedürleri Uygulaması Sonucu Kontrol Gruplarına Göre Rms Değerleri Açısından Değerlendirilmesi	29
5. TARTIŞMA	38
6. SONUÇ	40
7. KAYNAKÇA.....	44
8. ÖZGEÇMİŞ	56

SİMGELER VE KISALTMALAR

AFM	Atomic Force Microscope
CHX	Klorheksidin
EDTA	Etilen Diamin Tetraasetik Asit
HCM	Hyflex CM
MH	Maximum Height- Depth
MTAD	Biopure MTAD
NaOCl	Sodyum Hipoklorit
Ni-Ti	Nikel Titanyum
PTX	ProTaper Next
Q-Mix	Q-Mix 2in1
RMS	Root Mean Square
SEM	Scanning Electron Microscope
STM	Scanning Tunneling Microscope
TFA	Twisted File Adaptive
TS	2Shape
°C	Santigrat Derece

ŞEKİL DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. ProTaper Next eğe sistemi	8
Şekil 2. TF Adaptive eğe sistemi	9
Şekil 3. Hyflex CM eğe sistemi	11
Şekil 4. 2Shape eğe sistemi	12
Şekil 5. Sodyum Hipolorit solüsyonu	14
Şekil 6. EDTA solüsyonu.....	15
Şekil 7. Q-Mix 2in1 solüsyonu	17
Şekil 8. BioPure MTAD solüsyonu	18
Şekil 9. Stereomikroskop	19
Şekil 10. Atomik kuvvet mikroskobu	21
Şekil 11. Taramalı elektron mikroskobu	22
Şekil 12. Çalışmada kullanılan eğeler	24
Şekil 13. Eğelere ait stereomikroskop görüntüsü.....	24
Şekil 14. ProTaper Next eğesine ait uygulamalara göre AFM görüntüleri.....	30
Şekil 15. TF Adaptive eğesine ait uygulamalara göre AFM görüntüleri.....	31
Şekil 16. Hyflex CM Şekil 17. TF Adaptive eğesine ait uygulamalara göre AFM görüntüleri	31
Şekil 17. 2Shape eğesine ait uygulamalara göre AFM görüntüleri	32
Şekil 18. ProTaper Next eğesine ait uygulamalara göre x1000 büyütme SEM görüntüleri	32
Şekil 19. ProTaper Next eğesine ait uygulamalara göre x5000 büyütme SEM görüntüleri	33
Şekil 20. TF Adaptive eğesine ait uygulamalara göre x1000 büyütme SEM görüntüleri	33
Şekil 21. TF Adaptive eğesine ait uygulamalara göre x5000 büyütme SEM görüntüleri	34
Şekil 22. Hyflex CM eğesine ait uygulamalara göre x1000 büyütme SEM görüntüleri	34
Şekil 23. Hyflex CM eğesine ait uygulamalara göre x5000 büyütme SEM görüntüleri	35
Şekil 24. 2Shape eğesine ait uygulamalara göre x1000 büyütme SEM görüntüleri	35
Şekil 25. 2Shape eğesine ait uygulamalara göre x5000 büyütme SEM görüntüleri	36

TABLO DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 1. Çalışmada kullanılan eğeler ve özellikleri.....	23
Tablo 2. Çalışmada kullanılan irrigasyon solüsyonları.....	25
Tablo 3. Gruplar içi uygulamalara göre Depth ortalama ve standart sapma değerleri	29
Tablo 4. Gruplar içi uygulamalara göre RMS ortalama ve standart sapma değerleri	30



1. GİRİŞ

Endodonti, çeşitli sebeplerle canlılığını yitirmiş dişlerin kök kanal tedavisi ile ağızda kalmasını planlayan bilim dalıdır. Kök kanal tedavisinin birincil amacı; kök kanal sisteminden irritanları uzaklaştırıp, temizlenmiş ve şekillendirilmiş kök kanalının rekontaminasyonunu önlemek amacıyla hermetik bir şekilde tıkanmasıdır (1). Tedavi protokolünde mekanik preparasyonun yanı sıra; kök kanallarının mikroorganizmalardan ve dentin talaşlarından arındırılması, aletlerin kanal içinde takılmadan hareket edebilmesi için irrigasyon da bulunmaktadır. Bu işlem biyomekanik preparasyon olarak adlandırılır. Biyomekanik kök kanal preparasyonu endodontik tedavinin en önemli basamaklarından birisidir (2). Bu aşamada endodontik eğeler ve irrigasyon solüsyonları birlikte kullanılmaktadır.

Kök kanallarının preparasyonunda paslanmaz çelik eğelerin yanında kullanılırken, günümüzde nikel titanyum (Ni-Ti) döner eğeler kullanılmaya başlanmıştır. Zaman içerisinde redüksiyonlu motorlarla Ni-Ti döner enstürumanlar geliştirilmiş; daha etkin ve hızlı kanal tedaviler yapılmaya başlanmıştır. Bu malzemeler süper elastikiyetleri nedeniyle endodonti pratiğinde büyük popülerite kazanmışlardır. Teknolojinin gelişmesi ile geçmişten günümüze farklı firmalar tarafından çeşitli döner ege sistemleri piyasaya sunulmuştur.

Son yıllarda endodonti alanında metalürji teknolojisinin gelişmesiyle Ni-Ti eğelerin alaşımının imalatında önemli gelişmeler meydana gelmiştir. Bu gelişim sürecinin en önemli amaçlarından biri endodontik eğelerin dayanıklılığının artırılmasıdır.

Ni-Ti aletlerin avantajlarına rağmen, klinik kullanımda beklenmeyen kırılmalar meydana gelmektedir (3, 4). Bu durum endodontik tedavi sırasında en sık karşılaşılan komplikasyonlardan bir tanesidir. Ni-Ti eğeler kullanımları sırasında süper elastik formda olmalarına rağmen gözle görülür deformasyona sahip olmasa da kırılmalar meydana gelebilmektedir (5).

Klinik uygulamalarda kırık alet parçaları potansiyel zorluk oluşturmakta, endodontik tedavinin başarısını tehlikeye atabilmekte ve bu durum dişin kaybı ile sonuçlanabilmektedir (6). Günümüzde, Ni-Ti döner aletlerin kaç kez kullanılması gerektiğine dair bir fikir birliği yoktur (7). Bazı üreticiler eğelerin bir kez kullanılmasını önermektedirler. Fakat yüksek maliyet nedeniyle çoğunlukla eğeler otoklav sterilizasyonu sonrası tekrar kullanılmaktadır (8). Dezenfeksiyon,

sterilizasyon ya da irrigasyon sırasında oluşan kimyasal reaksiyonlar korozyona ve/veya aletlerin bozulmasına ve erken kırılmalara neden olabilir (9). Operasyonel hız, enstrümanın dizaynı, irrigasyon solüsyonunun etkisi ve otoklav sterilizasyonu gibi birçok değişken eğin döngüsel yorgunluk direncini etkileyebilmektedir (10).

Yapılan literatür araştırması sonucunda; Ni-Ti döner eğerlerin kullanım sonrası uğradıkları deformasyonların farklı çalışmalarda araştırıldığı görülmüştür. Ancak farklı markalara ait, farklı metalürjik özellikleri bulunan Ni-Ti döner eğerlerin, irrigasyon solüsyonları ile teması ve sterilizasyon sonrası gösterdikleri deformasyon konusunda sınırlı bilgi mevcuttur. Ni-Ti eğerlerin yüzey koşullarının değerlendirilmesinde tarama elektron mikroskobu (SEM) ve atomik kuvvet mikroskobu (AFM) sıkça kullanılan 2 yöntemdir. AFM çok önemli avantajlar sağlaması nedeniyle son yıllarda başta moleküler biyoloji olmak üzere çeşitli bilim dallarında sıkça kullanılan bir yöntem haline gelmiştir (11).

AFM incelenen yüzey üzerinde hareket eden tarayıcı uç ve bu ucun aktardığı veriler ile yüzey topografisini 3 boyutlu olarak gösterebilmektedir ve aynı zamanda yüzey morfolojisi hakkında sayısal veriler sunmaktadır. SEM ile örnek yüzeyinden farklı büyütme oranlarında elde edilen fotoğraflarla yüzey morfolojisi incelenebilmektedir.

Bu çalışmada preparasyon yapılmaksızın güncel ve kliniklerde çoğunlukla kullanılan 2Shape (TS: Micro Mega, BesanconCedex, Fransa), ProTaper Next (PTX: Dentsply Maillefer, Ballaigus, İsviçre), TF-Adaptive (TFA: SybronEndo, Orange, CA, ABD) ve HyFlex CM (HCM: Coltene, Whaledent, Altstatten, İsviçre) eğerleri kullanıldı. Bu eğerlerin yüzeylerinde, sodyum hipoklorit (NaOCl: Wizard; Rehber Kimya, İstanbul, TR), etilendiamintetraasetik asit (EDTA: Imicryl Ltd., Konya, TR), Q-Mix 2in1 (Q-Mix: Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, Oklahoma, ABD) ve BioPure MTAD (MTAD: Dentsply, Tulsa Dental, Oklahoma, ABD) solüsyonlarının ve tekrarlanan sterilizasyon işlemlerinin etkileri atomik kuvvet mikroskobu ve taramalı elektron mikroskobu ile incelendi.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ni-Ti Alaşımları

Ni-Ti alaşımların içeriğinde ağırlık olarak %56 nikel ve %44 titanyum, ayrıca duruma göre %2'ye kadar düşük oranlarda kobalt bulunmaktadır.

55-nitinol olarak adlandırılan alaşımlar ısıya bağlı olarak farklı iki kristal yapı (faz) gösterirler. Alaşımın örgü şeklindeki kristalografik yapısı ısı ve dış kuvvetlerden etkilenmektedir. Fazların birbirinden farklı çok sayıda özelliği vardır. Eşit atom sayılı Ni-Ti alaşımları yüksek sıcaklıktaki ana fazı östenit, düşük sıcaklıkta martensit ve R-faz olmak üzere üç mikroyapısal faz içermektedir. Alaşımın özellikleri ve yapısını oluşturan atomik oranlar metalin mekanik karakterini şekillendirir (12). Sonuç olarak ortaya çıkan alaşımın içerik kombinasyonu birebir atomik orandır ve farklı kristal yapılarda bulunabilmesinin sebebi de bu kombinasyonların farkından kaynaklanır. Östenit fazın deformasyonu ile martensit faza dönüşümü ve stres kaldırıldıktan sonra deformasyon öncesi östenit yapıya geri dönme eğilimi endodonti kliniğinde ayrıcalık sağlamaktadır. Bu eğilim şekil hafızası ve süper elastikiyet olarak özetlenebilir (13). Alaşım martensitik fazda yumuşak ve kolayca deforme olabilirken, östenitik fazda oldukça güçlü ve serttir (14).

2.2. Diş Hekimliğinde Kullanılan Ni-Ti Alaşımları

Kök kanal tedavilerinde kullanılan aletlerin esas amaçları, kök kanalının orjinal anatomisinde değişiklik yapılmaksızın kanalın şekillendirilmesi ve genişletilmesidir. Özellikle kurvatürlü kanalların apikalinde bu işlemlerin hatasız olarak sağlanması zordur ve şekillendirme sırasında dirsek (elbow), basamak (çentik, ledge), zipping (fermuar), perforasyonlar (delinme) ve transportasyon (yer değiştirme) gibi durumlar ortaya çıkabilir (15-17). Bu nedenle kök kanal tedavisinde kullanılan enstrümanların yapısal özellikleri, şekilleri ve kök kanalı içerisindeki davranışları çok önemlidir.

Bugüne dek çok çeşitli sistemler klinik kullanıma sunulmuştur. Dizaynlarında çeşitli metal ve metal alaşımlarından yararlanılmış, farklı boyutlarda, şekillerde ve fiziksel özelliklerde tasarlanılmıştır (18).

1960'lı yıllara kadar paslanmaz çelikten üretilen kanal aletleri, metalurjist W.E. Beuehler (1968) tarafından yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkan Ni-Ti

alaşımından üreilmeye başlanmıştır. Bu alaşım ni nikel, -ti titanyum, -nol ise alaşımın keşfedildiği Noval Ordnance Laboratory'nin ilk harflerinin birleştirilmesiyle Nitinol olarak adlandırılmıştır. Bu intermetalik alaşımın termodinamik özelliklerine bakıldığı zaman ısı uygulanan Ni-Ti alaşımın şekil hafızası yeteneğine sahip süperelastik davranış sergilediği farkedilmiştir. Süperelastik davranış, deformasyon öncesi metal alaşımının eski şekline dönme eğilimi demektir. Elastikiyet modülü yaklaşık olarak 35K.N/mm'dir. Bu alaşımlar elastik sınırları dahilinde yüksek oranda deformasyon gösterir, ancak düşük gerilim kuvveti oluştururlar.

Nitinol alaşımı ilk olarak denizaltı araçlarda dalarken ve su yüzüne geri dönerken anten teli üzerindeki diskin sabit kalması amacıyla kullanılmıştır.

Bu aletlerin endodonti pratiğinde yer edinmesi ile kurvatürlü kanallarda yaşanan sorunlar giderilmiş, ancak enstrümanların dentini kesme kapasitelerindeki yetersizlik nedeni ile uzun olan çalışma süresi kısaltılamamıştır. Daha sonra çalışma süresini kısaltmak için Ni-Ti esaslı döner kanal aletlerinin geliştirilmesi gündeme gelmiştir. Özel başlıklara takılarak, sabit bir devirde kullanılan bu enstrümanlarla, el aletleriyle uygulanan preparasyon tekniklerine kıyasla kök kanallarında çok daha kısa sürede ve kök kanalının orijinal anatomisine uygun preparasyon yapılabileceği ileri sürülmüştür.

2.3. Ni-Ti Kök Kanal Aletlerinin Üretimi

Ni-Ti alaşımların imalatı çoklu aşamalar içeren komplike işlemlerdir. Bu alaşımlar döküm veya toz metalürjisi (sinterleme) yöntemiyle üretilebilmektedir. Vakum altında döküm işlemleriyle elde edilen materyal pres ile dövülüp basınç altında şekil ve koniklik verilerek burkudur. Toz metalürjisi ise çok küçük partikül boyuna sahip tozların birleştirilerek basınç altında yüksek sıcaklıklarda parça haline getirme işlemidir.

2.4. Metalurjik ve Mekanik Özellikler

2.4.1. Ni-Ti döner enstrümanların dizayn özelliklerindeki gelişmeler (19)

1. Jenerasyon Ni-Ti Döner Ege Sistemleri: İlk döner Ni-Ti alet Dr. John McSpadden tarafından 1992 yılında tasarlanmış ve klinik kullanıma

sunulmuştur. 1994 yılında da Dr. Johnson eğelere koniklik açısı eklemiştir. Eğelerde kök kanal preparasyonu sırasında meydana gelen kırıkları önlemek amacıyla materyalin çapraz kesit dizaynında değişiklikler yapılması öngörülmüştür. U şeklinde oluklara ve bu oluklarda da radyal alana sahip aletler üretilmiştir. Bu alanlar sayesinde eğelerin kanal duvarında sıkışması engellenmeye çalışılmıştır.

2. Jenerasyon Ni-Ti Döner Eğe Sistemleri: 1990'ların sonunda ikinci jenerasyon Ni-Ti döner eğe sistemleri klinik kullanıma sunulmuştur. İlk jenerasyon eğeler gibi pasif kesme özelliğine sahip radyal alanları, sabit koniklik açıları vardır ve kök kanal sisteminin preparasyonu için çok sayıda aletin kullanılması gerekir. İkinci jenerasyon eğelerde ilk jenerasyondan farklı olarak, radyal alan içermeyen aktif kesici kenarlar bulunmaktadır ve daha az sayıda aletle kök kanal preparasyonu yapılabilmektedir.
3. Jenerasyon Ni-Ti Döner Eğe Sistemleri: Bu sistemlerin ayırıcı özelliği Ni-Ti alaşımın metalurjik karakterinin geliştirilmesiyle üretilmiş olmalarıdır. Isıl işlem uygulaması, alaşımın faz değişimine etkisi nedeniyle yorgunluk direncinin artırılmasını sağlar. (20)
4. Jenerasyon Ni-Ti Döner Eğe Sistemleri: Bu jenerasyon resiprokasyon hareketini esas almaktadır.
5. Jenerasyon Ni-Ti Döner Eğe Sistemleri: Aletlerin kesit merkezi ile dönme hareketinin merkezinin çakışmaması, beşinci jenerasyonun en temel karakteristiğidir. Dönme hareketi esnasında eğenin merkezden uzak tasarımı bir mekanik dalga hareketi sağlamaktadır ve bu dalga eğenin aktif yüzeyi boyunca yer değiştirmektedir. Bu tasarım sayesinde eğe ve kök kanalı duvarları arasındaki sıkışma minimize edilmektedir.

2.4.2 M- Wire / CM- Wire ni-ti alaşımlar

Birinci ve ikinci jenerasyon konvansiyonel süperelastik Ni-Ti kanal aletleri oda ve vücut sıcaklığında östenit fazda bulunmaktadır (21, 22). İmal edildiği alaşımın doğal karakteri ve imalat süreci, kanal aletinin mekanik özelliklerini önemli oranda etkilemektedir. Eğelerin kırılma direncini artırmak amacıyla, firmalar hem yeni alaşım dizaynları hem de yeni imalat süreçleri tasarlamışlardır (23, 24). Güncel olarak; çoğu martensitik fazda süperelastik Ni-Ti alaşımların özel termomekanik süreçlerle yapısal

karakterlerinin geliştirilmesi amacıyla, pek çok yeni yöntem dizayn edilmiştir. Bu gelişmeler üçüncü, dördüncü ve beşinci jenerasyon olarak bilinen yeni nesil Ni-Ti eğe sistemlerinin geliştirilmesine imkân tanımıştır. Isıl işleme tabi tutulan eğeler; vücut sıcaklığında östenit ve martensit şartların karışımını bünyesinde bulundurmaktadır. M-Wire (SportsWire, Langley, OK, 2007) ve CM-Wire (DS Dental, Johnson City, TN, 2010) alaşımlar bahsedilen bu özelliklere sahiptirler. Bu alaşımların martensitik fazı, materyali kullanım sahasında ideal hale getirmektedir. Martensitik fazdaki materyal, ikili faz içeren yapı sayesinde çok üst düzey enerji absorbe edebilme kabiliyeti kazanır. Ayrıca, Ni-Ti alaşımın martensitik formunun yorgunluk direnci oldukça yükselmiştir (25, 26).

2.4.3. R-Faz ni-ti alaşımlar

R-faz, Ni-Ti alaşımlarda bulunan bir tür ara fazdır. Martensit fazın öncesindeki soğutma işlemi sırasında meydana gelir ve daha fazla soğutma etkisiyle martensit faza dönüşür. Benzer şekilde östenit faza dönüşümden önceki ısı etkisiyle meydana gelebilir ya da hiç ortaya çıkmayabilir. R-faz alaşımlardan üretilmiş materyal şekil hafıza ve süperelastik özelliğindedir. Elastiklik modülü östenit fazdan daha düşüktür, bu nedenle R-faz alaşımdan üretilmiş materyaller daha esnek özellik gösterirler (27, 28).

Östenit faz, dış kuvvetler altında yüksek oranda martensitik faza dönüşmektedir (29). Dolayısı ile bu fazda üretilmiş kanal aletlerinin döngüsel yorgunluk direnci konvansiyel aletlere göre daha yüksektir (30, 31).

2.4.4. T-Wire ni-ti alaşımlar

Son zamanlarda üretici firmaya göre döngüsel yorgunluk direncini %40 oranlarında optimize eden yeni bir ısıl işlem uygulaması olan T-Wire teknolojisi tanıtılmıştır (32, 33). Eğeler mekanik üretim aşamasından sonra T-Wire ısıl işlem uygulamasına tabi tutularak Ni-Ti alaşımın mikro yapısı değiştirilmekte, dolayısıyla geleneksel östenit formdaki eğelere kıyasla daha yüksek döngüsel yorgunluk direnci ve elastikiyet kazandığı ifade edilmektedir (34).

2.5. Eğeler Üzerindeki Kimyasal, Biyolojik ve Fiziksel Etkiler

2.5.1. Korozyon

Endodontik kullanım için eğelerin korozyona uğraması dezavantaj olabilir. Korozyona bağlı olarak meydana gelen porozite ve deformite aletlerin kesme yeteneğini azaltmaktadır. Bu durumda beklenmeyen kırılmalara neden olabilir. Paslanmaz çelik eğeler ile nitinol eğelerin korozyon derecelerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada anlamlı bir fark bulunamamıştır (35).

2.5.2. Sterilizasyon

Sterilizasyon işlemlerindeki ısının kök kanal enstrümanlarını etkiledikleri düşünölmektedir. Ni-Ti ve paslanmaz çelik esaslı kök kanal aletlerinin tekrarlayan sterilizasyon siklusu sonucunda torsiyon özelliklerinin incelendiği bir araştırmada sterilizasyon işlemlerinin aletin kırılma olasılığını artırmadığı bildirilmiştir (36). Sterilizasyon işlemlerinin eğelerin kesme yeteneği üzerindeki etkisi araştırıldığında ise, 2 saat 180 °C kuru sıcak havada ve 2 saat 130 °C otoklavda da beş kez sterilize edilen çelik eğelerde bir değişiklik izlenmezken, Ni-Ti eğelerde sterilizasyon sonucunda kesme etkinliğinin azaldığı bildirilmiştir (37, 38).

2.6. Ni-Ti Enstrümanların Kırılma Nedenleri

Endodontik tedavi sırasında kullanılan Ni-Ti döner aletlerde döngüsel veya burkulma stresi nedeniyle deformasyonlar ve kırılmalar meydana gelebilir (39-41). Çoğu olguda alet kırığı doğru olmayan kullanımdan kaynaklanır. Üretici firmanın önerilerine uygun olarak kullanmak, enstrümanın kırılmasının önüne geçmek için gereklidir.

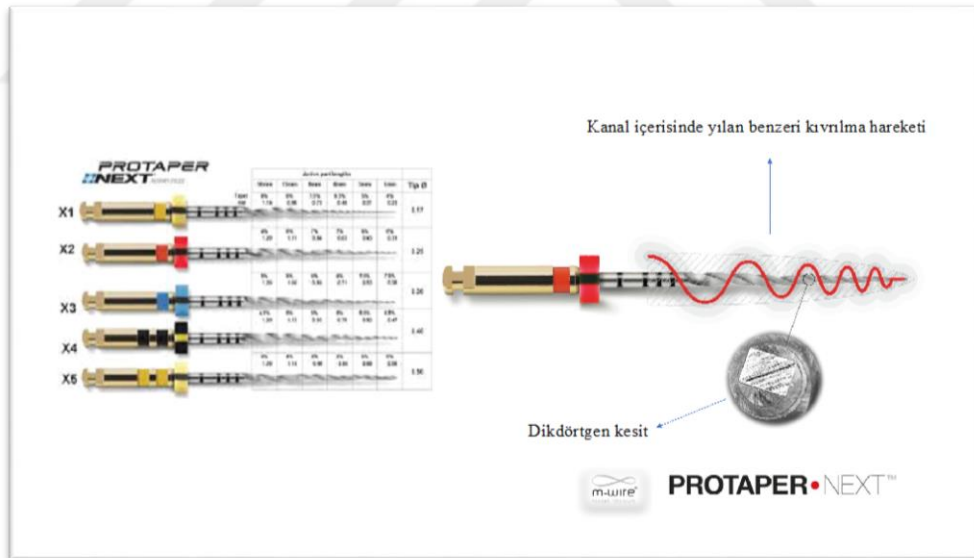
Ni-Ti döner alet kırıklarına zemin hazırlayan birçok etken mevcuttur. Bunlar klinisyenin beceri/deneyimi, kök kanal şekillendirme tekniği, kanal aletinin kullanım sayısı, kanal aletinin metalurjik veya mekanik özellikleri, alaşımın imalat süreci, şekil dizaynı, kök kanallarının anatomik yapıları, sterilizasyon döngülerinin sayısı olarak özetlenebilir (42, 43).

2.7. Çalışmada Kullanılan Kök Kanal Aletleri

2.7.1. ProTaper NEXT (Dentsply Maillefer, Ballaigus, İsviçre)

Ni-Ti alaşımının modifiye edilmesiyle geliştirilen M-wire teknolojisi ile üretilen birçok endodontik malzeme klinik kullanıma sunulmuştur. Metalürjik olarak değerlendirildiğinde M-Wire alaşımların yapısı Ni-Ti'ye göre daha homojendir ve daha ince bir yapı gösterir (44).

PTX kanal aletleri M-Wire Ni-Ti alaşımdan üretilmiştir. Bu sistemin eğeleri merkezden uzak dikdörtgen geometrik kesitli olarak dizayn edilmiştir. Dizaynı sayesinde rotasyon yaparken kanal içinde bir salınma hareketi yapar. Bu asimetrik dönme kabiliyeti rotasyon sırasında debrisin koronale taşınması için kanal içerisinde yer sağlar ve preparasyon etkinliğini artırır. Alaşımın yapısı dögüsel (rotasyonel) yorulma nedenli alet kırıklarına karşı eğeye direnç kazandırmıştır (44, 45). Sistemin preparasyon süresini kısaltan yüksek kesme özelliği bulunmaktadır (46).



Şekil 1. ProTaper Next eğe sistemi

Eğelerin herbirinin kendi tasarımında apikalden koronale doğru yiv aralığı artar ve koniklik açısı değişkenlik gösterir. Sistemin piyasada farklı apikal genişlik ve koniklik açısında 5 farklı boyutu (X1- 17/.04, X2- 25/.06, X3- 30/.07, X4- 40/.06, X5- 50/.06) ve 3 farklı çalışma uzunluğu seçeneği (21 mm, 25 mm, 31 mm) mevcuttur.

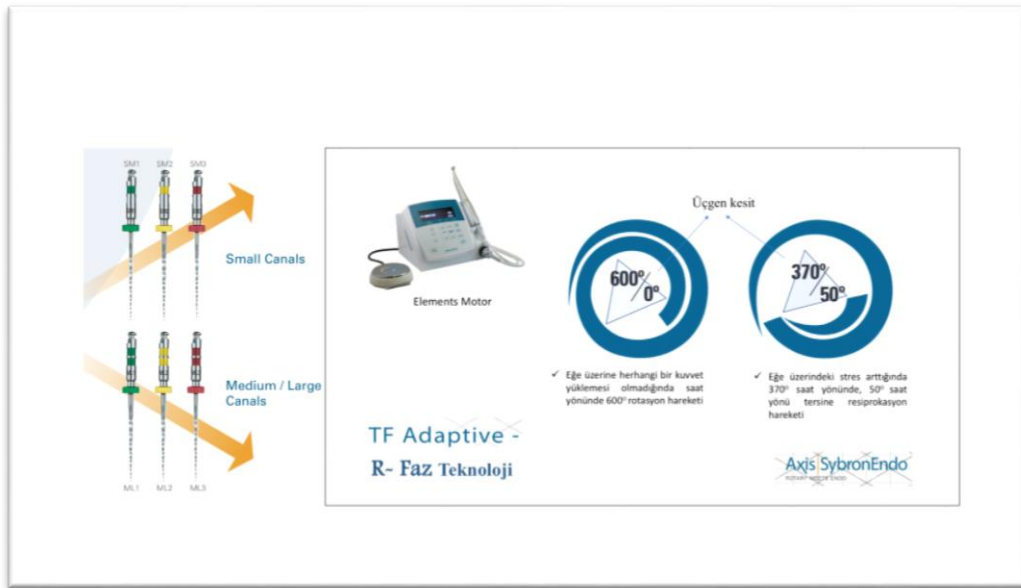
Üretici firma talimatına göre 300 rpm hızla ve 200 g/cm tork ile rotasyonel hareketle çalışma boyunda preparasyon önerilir (46).

2.7.2. Twisted-File Adaptive (SybronEndo, Orange, CA, ABD)

TFA üçgen kesitli, patentlenmiş “adaptif hareket” teknolojisi olarak adlandırılan eğe üzerinde uygulanan basınca bağlı olarak rotasyon veya resiprok hareketi yaparak kanal içindeki torsiyonel kuvvete uyum sağlayan eğe sistemidir. Eğe sistemi, adaptif hareket ile daha az sıkışma gösterir (47).

Kendine ait endodontik motoru (Elements Adaptive Motor, SybronEndo Orange, CA) ile birlikte kullanılması tavsiye edilen sistemin eğeleri, kanal içerisindeki hareketi sırasında herhangi bir dirençle karşılaşmadığında veya eğenin üzerine kuvvet uygulanmadığında Elements Motor, 600° saat yönüne dönerek durmakta ve tekrar aynı hareketi yapmaya devam etmektedir. Eğer eğe dentine saplanırsa veya üzerindeki kuvvet artarsa motor hareketi, 370° saat yönüne ve 50° saat yönünün tersine olacak şekilde modifiye ederek hareketin şeklini resiprokasyon hareketine çevirmektedir (48, 49).

TFA, Ni-Ti materyalin ekseni etrafında döndürülerek burulması ile üretilen bir sistemdir ve bu üretim tekniği sayesinde bilenerak üretilen sistemlere göre kırılma direnci daha yüksektir (23,30). R-faz alaşımından oluşmaktadır bu nedenle yüksek süperelastiktir ve şekil hafıza özelliği mevcuttur (50, 51).



Şekil 2. TF Adaptive eğe sistemi

Üretici firma dar kök kanalları için Small Medium (SM1, SM2, SM3) ve orta/geniş kök kanalları için Medium Large (ML1, ML2, ML3) eğeleri olmak üzere 2 dizi ege seti piyasaya sunmuştur (52).

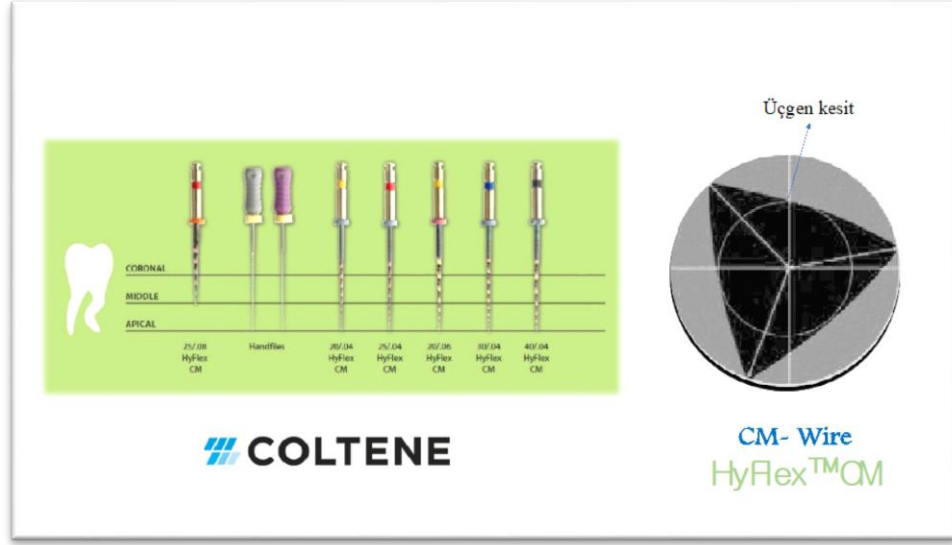
2.7.3. Hyflex CM (Coltene, Whaledent, Altstatten, Switzerland)

Coltene firması tarafından 2011 yılında piyasaya sunulan HCM döner ege sistemini üretmek için şekil bellek özelliği olmayan CM-Wire alaşımı geliştirilmiştir (53). Üretici firma kullanım sırasında deformite gösteren HCM eğelerinin, sterilizasyon prosedürlerindeki ısı işlemin yaklaşık 134°C sıcaklığına ulaştığında orijinal şeklini yeniden kazandığını iddia etmektedir (53, 54).

CM-Wire alaşımlarda nikel miktarı geleneksel Ni-Ti alaşımlara kıyasla %52,1 oranına indirilmiştir (55). Bu alaşımın termomekanik ısı işlem görmesi dolayısıyla, ısı işlem görmemiş M-Wire teknolojisi ile karşılaştırıldığında, yorulma direncinin %150 ve %390 oranında arttığı bildirilmiştir (56).

HCM döner ege sistemi, geleneksel sistemlerdeki şekil hafıza özelliğini bulundurmaz. Bu nedenle “spring- back” etkisi yani orijinal şekline dönme eğilimi göstermez ve esneklik özellikleri yüksektir. Yüksek esneklik özelliği sayesinde kök kanallarının orijinal anatomik formunu koruyarak şekillendirme yaparlar. Üretici firmaya göre ön büküm yapılabilen bu eğeler aşırı eğimli kanallarda basamak oluşturmadan veya oluşturulmuş basamağı kolayca atlayarak preparasyon yapabilmektedir.

Apikalden koronale yiv aralıkları değişkenlik gösterir. Pasif uca sahip bu döner ege sistemi sadece 25/.04 boyutundaki kare kesitli formu hariç genel olarak üçgen kesitli ve üç kesici kenarlı bir ege sistemidir. 3 farklı çalışma uzunluğu (19 mm, 21 mm, 31 mm) ve koniklik açısı (/0.04, /0.06, /0.08) mevcuttur (57).



Şekil 3. Hyflex CM ege sistemi

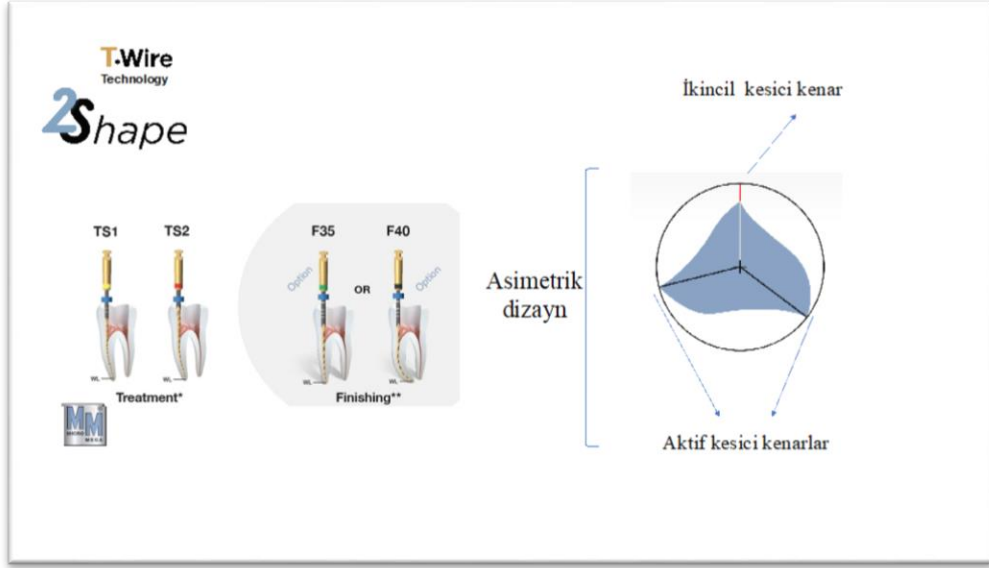
Üretici firma talimatlarına göre crown-down yöntemi, step-back yöntemi veya kendi önerdikleri tek uzunluklu yöntem ile 500 rpm hızla ve 250 g/cm tork ile sürekli dönme hareketiyle preparasyon önerilir (57).

2.7.4. 2Shape (Micro-Mega, Besancon, Fransa)

TS sistemi sürekli dönme hareketi ile kullanılan T-Wire teknolojisi ile üretilmiş bir ege sistemidir (58, 59).

Isıl işlem uygulanarak üretilen eğerin esnekliği ve döngüsel yorulma direnci %40 artırılmıştır, bu sayede aşırı eğimli kök kanallarına uyum sağlamaktadır. Asimetrik bir tasarıma sahip olan eğerin, aktif kesici iki ana kenarı ve debrisin koronale ilerlemesini kolaylaştıran bir tane pasif kenarı vardır (60). Bu tasarımın amacı, kök kanalının şekillendirilmesi esnasında çevresel egelemenin etkinliğini artırmaktır.

Sistemin standart olarak TS1 (25/.04), TS2 (25/.06) olmak üzere 2 adet şekillendirme egesi vardır. Opsiyonel olarak ise geniş ve düz kanallar için F35 (35/.06), dar ve kurvatürlü kanallar için ise F40 (40/.04) boyutlarında apikal preparasyon egeeri bulunmaktadır. Ayrıca 3 farklı çalışma uzunluğu (21 mm, 25 mm, 31 mm) mevcuttur. Üretici firma talimatlarına göre çalışma boyu uzunluğunda 250-400 rpm hızda sürekli dönme hareketi ile kullanılması önerilmektedir (60).



Şekil 4. 2Shape eĝe sistemi

2.8. Kök Kanallarının İrrigasyonu

Endodontik tedavinin başarısı kök kanallarının mekanik preparasyonu, irrigasyonu ve dezenfeksiyonunu takiben hermetik bir biçimde tıkanması gibi aşamaların tam ve eksiksiz biçimde yerine getirilmesine bağlıdır. Etyolisinde çürük veya travma olan pulpa dokusu hastalıklarında pulpa odası ve kök kanalları nekrotik, enfekte, bazen vital bölgelere sahip pulpa dokusu ve doku sıvısı ile dolu olabilir. Bu materyallerin periapikal alana itilmeden kanal içinden temizlenmesi gerekmektedir (61). Dentin kanalları, yan kanallar, kanal ramifikasyonları, apikal deltalar ve transvers anastamozlar gibi kompleks bölgelerdeki doku artıklarını, bakteri ve bakteri ürünlerini yalnızca mekanik preparasyon ile elimine etmek mümkün değildir (62). Bu nedenle kök kanallarının mekanik preparasyonu öncesinde, sırasında ve sonrasında bakteri, bakteri ürünlerini, doku artıklarını çözebilen ve antimikrobiyal özelliği bulunan bir solüsyon ile yıkanması gerekir (61). Endodontide irrigasyon, kısaca pulpa odasının ve kök kanallarının çeşitli sıvılar ve solüsyonlar yardımıyla ıslatılması ve/veya yıkanması olarak ifade edilebilir (63).

Kök-kanal irrigasyonunun amacı;

- Kanallardan organik, inorganik, yumuşak, sert, enfekte doku artıklarının hem mekanik hem de kimyasal olarak uzaklaştırmak ve böylelikle artıkların apikal bölgeye ulaşmasını, birikmesini ve bölgeyi tıkamasını engellemek
- Antibakteriyel özellikleri sayesinde kök kanalındaki mikroorganizmaları ve mikrobiyal florayı elimine etmek
- Kanalları ıslatarak ve kayganlaştırarak mekanik preparasyonu kolaylaştırmak
- Kanal aletlerinin ulaşamadığı alanları temizlemek ve dezenfekte etmek
- Kök kanal dezenfeksiyonu için ara seanslarda kullanılan maddelerin etkisini artırmak
- Smear tabakayı dentin yüzeyinden uzaklaştırmaktır.

Bugüne kadar kanalların irrigasyonu amacıyla çeşitli sıvılar klinik kullanımda yer bulmuşlardır. Serum fizyolojik (SF), farklı anesteziik solüsyonlar, elektrokimyasal olarak aktive edilmiş su (oksidatif potansiyel su, süperoksidize su), kalsiyum hidroksit (CaOH_2), sodyum hipoklorit (NaOCl), klorheksidin (CHX), Cetrexidine, Biopure MTAD, Tetraclean, klorindioksit (ClO_2), hidrojen peroksit (H_2O_2), doksisisiklin, morinda citrifolia, Etilen Diamin Tetra Asetik Asit (EDTA), R-EDTA, Rc-Prep, sitrik asit, iyodin potasyum iyodit (IKI), SmearClear (SC), Q-Mix 2in1 gibi şelasyon ajanları, asitler, antibiotikler ve lubrikanlar farklı özellikleriyle endodontik tedavilerde tek başlarına veya kombine olarak kullanılabilen önemli solüsyonlar arasında sayılabilirler (61-67).

2.9. Çalışmada Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları

2.9.1. Sodyum hipoklorit

Kimyasal formülü NaOCl olan sodyum hipoklorit “Dakin solüsyonu” olarak da bilinir. Konsantrasyon oranı %0,5 olan solüsyon, ilk olarak 1. Dünya Savaşı sırasında kimyager Henry Drysdale Dakin ve cerrah Alexis Carrel tarafından kontamine yara yüzeylerinin dezenfeksiyonu amacıyla kullanılmıştır (63, 74). 1920’li

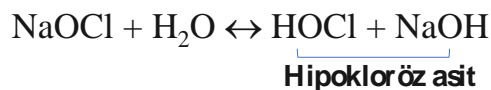
yıllarda ise endodontik tedavilerde kullanımı gündeme gelmiştir. Halen endodontik tedavi rutininde vazgeçilmez olarak yerini korumaktadır. Bakterilere, bakteriofajlara, sporlara, mayalara ve virüslere karşı etkinliği kanıtlanmış geniş spektrumlu antimikrobiyal bir ajandır (68). Organik doku çözücü etkisi, antiseptik özelliği, yüzey geriliminin düşük olması nedeni ile dentin duvarlarına hızlıca nüfus edebilmesi ve maliyetinin düşük olması endodontik tedavilerde tercih edilmesinin nedenlerindedir (67, 69-71). NaOCl'nin organik doku çözücü ve antimikrobiyal etkinliğinin mekanizması; hücre proteinlerini okside ve hidrolize ederek, hipoklorik asit ortaya çıkarmasıyla ortama Cl⁻ iyonu salması, osmotik aktivite ile hücreden bir miktar sıvı çekmesi olarak ifade edilmiştir (72).



Şekil 5. Sodyum Hipoklorit solüsyonu

NaOCl solüsyonu, kök kanal sistemindeki organik doku artıkları ile tepkimeye girerek organik dokuları çözmektedir; ancak bu tepkime sırasında hipoklorit inaktive olmaktadır.

Solüsyonun organik dokular üzerindeki etkisi bu dengede yer alan hipokloröz aside bağlıdır.



Hipokloröz asit çözünmez proteinlerle reaksiyona girerek, çözünür yapıda polipeptid, amino asit ve yan ürünlerin oluşumunu sağlayarak etkisini göstermektedir (61, 73). Kök kanal tedavisinde %0.5, %1.25, %2.5, %5.25'lik konsantrasyon formları

irrigasyon solüsyonu olarak kullanılmaktadır. Araştırmacılara göre NaOCl'in proteolitik etkisi serbest Cl⁻ iyonu miktarına bağlıdır. Yüksek konsantrasyonlarda kısa sürede ve az miktarlarda sağlanabilen bu etki, düşük konsantrasyonlarda uzun süreli ve çok miktarda solüsyon kullanımı ile sağlanabilir (61, 74). Teorik olarak NaOCl konsantrasyonu, etkili olduğu en düşük seviyede tutulmalıdır, çünkü dilüe edilmemiş yüksek konsantrasyonlarda canlı dokular üzerinde oldukça toksik etkiye sahiptir (62, 75).

Solüsyonun smear tabakasını uzaklaştıramaması ve inatçı *Enterococcus*, *Actinomyces* ve *Candida* türleri üzerinde etkiye sahip olmaması nedenleriyle genellikle birden fazla solüsyon ile kombine kullanılması gündeme gelmiştir (76).

2.9.2. Etilen diamin tetraasetik asit (EDTA)

EDTA'nın disodyum tuzu en etkili şelasyon maddesi ve lubrikanttır (67). Şelat kelimesi yunanca yengeç kısıkcı anlamına gelen "chele" kelimesinden türemiştir (61). Şelasyon ajanlarının metal iyonlarını bağlama ve inaktive etme özelliği tıp alanında çokça kullanılmaktadır.

Endodontik tedavilerde ilk olarak %15'lik formu, 1957 yılında Nygaard- Ostby tarafından dar ve kalsifik kanalların preparasyonuna yardımcı olması amacıyla kullanılmıştır. Endodontide biyomekanik prosedürleri etkili kılmak, smear tabakayı uzaklaştırmak, dentin duvarlarının dezenfeksiyonunu artırmak ve temizlemek amacıyla kullanılmaktadır (67).



Şekil 6. EDTA solüsyonu

%17' lik solüsyonun içeriği;

- 17 gr disodyum EDTA tuzu
- 100 mL distile su
- Tam çözünmeyi sağlamak amacıyla da 5 mol sodyum hidroksit solüsyonu EDTA tuzları dış yapısındaki Ca^{++} iyonları ile şelatlar oluşturarak dentini dekalsifiye edebilmektedir. Toksikite düzeyi oldukça düşüktür ve zayıf solüsyonlar halinde hafif irritandır (67).

Antibakteriyel özelliği sınırlı olmasına rağmen kök kanal sistemindeki mikrobiyal floranın azalmasında serum fizyolojiğe göre daha etkili olduğu bildirilmiştir (77).

Solüsyonun saf formunun yüzey gerilimi %5'lik sodyum hipoklorit, serum fizyolojik ve distile sudan daha azdır (61).

Başlangıçta şelatörler mekanik genişletme sırasında yıkama solüsyonu olarak kullanılmışlardır. 1969 yılında Stewart ve ark. pat tipi bir şelasyon ajanı tanıtmışlardır. Çalışmalar genellikle kök kanal sisteminin yıkanması için sıvı şelatör ajanların etki yöntemlerini rapor etmelerine rağmen, döner aletlerle yapılan kanal preparasyonu sırasında kırılma riskini azalttığı varsayıldığından pat veya jel yoğunluğundaki şelatörlerin de kullanımı önerilmektedir.

Hülsman ve ark. (78)'nin yayınladıkları bir makalede şelat preparatları, sıvı ve pat formda olanlar şeklinde sınıflandırılmıştır:

- Sıvı formda olanlar:

Calsinase (lege artis, Dettenhausen, Germany), REDTA (Roth International, Chicago, IL, USA), EDTAC, DTPAC, EDTA-T (Formula & Açao Farmaçia, Sao Paulo, Brezilya), EGTA (Sigma, St. Louis, MO, ABD), CDTA (deneysel solüsyon), Largal Ultra (Septodont, Paris, Fransa), Salvizol (Ravenz, Konstanz, Almanya), Decal (Veikko, Auer, Helsinki, Finlandiya), Tubulucid Plus (Dental Therapeutics, Nacka, İsveç)

- Pat formda olanlar

Calsinase slide (Lege artis, Dettenhausen, Almanya), RC-Prep (Premier Dental, Philadelphia, PA, ABD), Glyde file (DeTrey Dentsply, Konstanz, Almanya)

Sıvı veya jel şelasyon maddelerinin uygulama süreleri ile ilgili fikir birliği sağlanamamıştır ancak temizlik etkisinin ajanın uygulanmasından birkaç dakika sonra başladığı bilinmektedir. EDTA'nın kanal içi optimum uygulanma süresinin 1-5 dakikayla sınırlı kalması gerektiği ifade edilmiştir (78).

EDTA'nın NaOCl ile kombine kullanımında solüsyonun doku çözme özelliğini inaktive ettiği bildirilmiştir. Bu nedenle ayrı ayrı kullanılması önerilmektedir. Ancak EDTA'nın dekalsifiye ettiği inorganik yapı artıklarının NaOCl kullanılarak uzaklaştırılması gerektiği de ifade edilmiştir (76, 79).

2.9.3. Q-Mix 2in1_(Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, Oklahoma, ABD)

Q-Mix 2011 yılında üretilmiş yeni bir irrigasyon solüsyonudur. Smear tabakasını kaldırma yeteneğine sahip ve antimikrobiyal aktivitesi yüksek bir ajandır (80, 81). İçeriğinde EDTA, CHX ve deterjan bulunmaktadır. Bu solüsyonun tasarımı CHX, EDTA ve NaOCl kombinasyonu ile teması sonrası oluşan çökeltinin oluşumunu engellemektedir.

Kök kanallarının NaOCl ile yıkanmasının ardından son yıkama solüsyonu olarak kullanılması önerilmektedir (80, 82). Böylelikle EDTA'nın smear tabakasını uzaklaştırma kabiliyetinden ve CHX'in antimikrobiyal ve esas özelliklerinden yararlanılması amaçlanmaktadır. İçeriğindeki deterjan sayesinde ise dentinin ıslanabilirliği, böylece solüsyonun etkinliği de artmaktadır.



Şekil 7. Q-Mix 2in1 solüsyonu

2.9.4. Biopure MTAD (Dentsply, Tulsa Dental, Oklahoma, ABD)

Torabinejad ve ark. tarafından dentin dokusunun dezenfeksiyonu ve smear tabakayı elimine etme yeteneği iddiasıyla, 2003 yılında endodontik tedaviler için irrigasyon solüsyonu olarak geliştirilmiştir. Solüsyonun içeriğinde doksisisiklin, sitrik asit ve yüzey aktif deterjan (Tween-80) vardır ve 2.15 pH derecesindedir.



Şekil 8. BioPure MTAD solüsyonu

Solüsyonun antimikrobiyal etkinliğinin araştırıldığı *in vitro* bir çalışmada MTAD'ın *Enterococcus faecalis*' e karşı etkili olduğu bildirilmiştir (83). Yapılan başka bir çalışmada ise araştırmacılar, %1,3 NaOCl ile MTAD'nin kombine kullanımının, NaOCl'in tek başına ve EDTA ile kombine kullanımından daha etkili olduğunu bildirmiş ve MTAD'nin %1,3'lük NaOCl solüsyonu ile yıkanmasının ardından son irrigasyon solüsyonu olarak kullanımını önermişlerdir (84).

Tay ve ark. (85) tarafından yapılan bir çalışmaya göre ise kök kanal sisteminin dentin tabakasına MTAD uygulaması öncesi kanal duvarının NaOCl ile yıkanmasının MTAD'nin antimikrobiyal etkisinin devamlılığını azalttığını bildirilmiştir, bu nedenle NaOCl uygulaması sonrası bölgenin SF ile yıkanmasının ardından MTAD uygulaması önerilmiştir. MTAD'ın biyofilm tabakası üzerine etkileri araştırıldığında biyofilm tabakasını bozduğu ancak içeriğindeki mikroorganizmaları elimine edemediği görülmüştür (86). Antifungal etkisi ise %6 NaOCl ve %2 CHX'den daha yüksek olarak bildirilse de yapılan bir çalışmaya göre MTAD'nin 1 ve 5 dakikalık

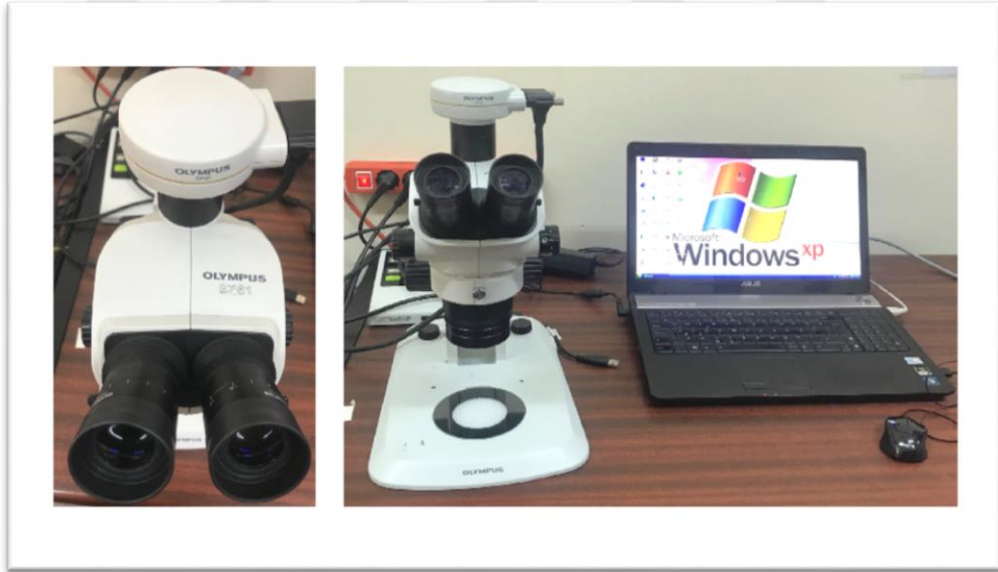
uygulamalarda *Candida albicans* üzerinde herhangi bir etki oluşturamadığı, ancak MTAD-NaOCl kombinasyonunun *C. albicans* üzerindeki etkisini artırdığını bildirilmiştir (87, 88).

MTAD'ın smear tabakasına etkisi incelendiğinde smear tabakasını uzaklaştırabildiği çeşitli çalışmalarla desteklenmiştir (89, 90).

2.10. Çalışmada Kullanılan Görüntüleme Teknikleri

2.10.1. Stereomikroskop

Işık mikroskobundan farklı olarak sabit dürbün mantığı ile görüntülenmek istenen malzemenin 3 boyutlu görüntüsünün elde edilmesini hedefleyen bir mikroskop türüdür. Lam ve lamel kullanılmaksızın tek objektif sistemiyle görüntüyü belli oranlarda uzaklaştırıp yakınlaştırabilirler. Düşük büyütme ile derinlikli görüntü elde etmek amacıyla ve gözle görülen malzemelerin yüzeylerini incelemek amacıyla kullanılmaktadırlar (91).



Şekil 9. Stereomikroskop

2.10.2. Atomik kuvvet mikroskobu (Atomic force microscopy; AFM)

AFM yüzey özelliklerini ve malzeme topografisinin incelenmesinde geçmişten günümüze vazgeçilmez bir konuma gelmiştir. Nanomalzemelerin incelenmesi adına

atılan ilk adım 1981’de IBM öncülüğünde Gerd Binnig ve Heinrich Rohrer tarafından Taramalı Tünelleme Mikroskobu’nun (Scanning Tunneling microscopy, STM) keşfidir. Araştırmacıların bu adımı onlara 1986 yılında Nobel Fizik Ödülü’nü kazandırmıştır. Ancak bazı konularda (iletken olmayan malzemelerin görüntülenmesi) STM yeterli olmamış ve iletken olmayan örneklerden de görüntü alınmasını sağlayan AFM, Binnig, Quate ve Geber tarafından geliştirilmiştir. İlk ticari AFM 1989 yılında piyasaya sürülmüştür.

STM’nin sonrasında AFM’nin keşfi, yüzeyde bulunan atomik ve moleküler yapıların incelenmesine, atomik seviyede tepkimelerin gözlemlenmesine olanak sağlamıştır. AFM yüzey topografisini örnek üzerinden geri besleme sinyali olarak angstrom (metrenin on milyarda biri) seviyelerine kadar görüntüleyebilmektedir.

AFM ile yapılabileceklerin başlıcaları şunlardır:

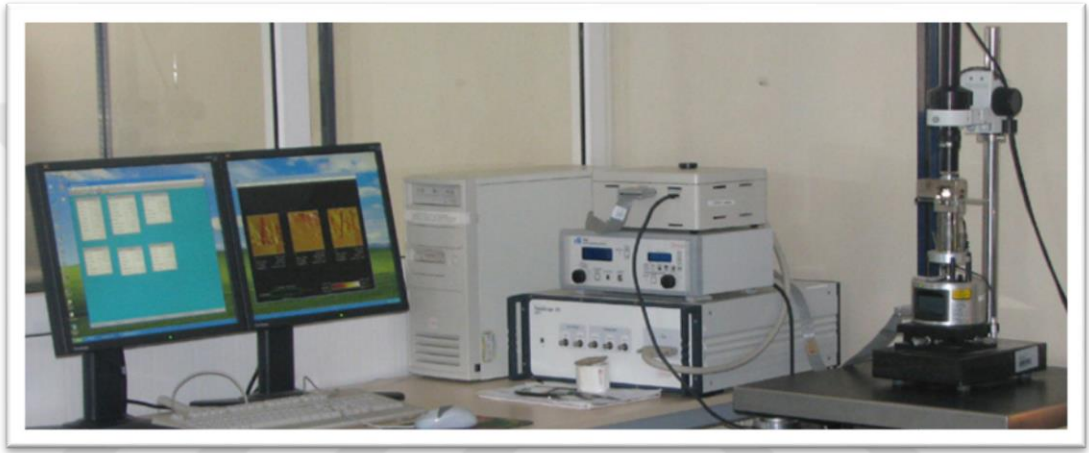
- Doğru ve gerçek atomik yapıda çözünürlük
- İletken olmayan örneklerin incelenmesi
- Mekanik titreşimlerin ölçülmesi
- Atomik streskopi
- Atomik kuvvetlerin kontrol edilmesi
- Atomların mekanik yolla tek tek dizilmesi
- Nanoboyutlarda sistemlerin etkileşimlerinin anlaşılması

AFM’nin bu özellikleri sayesinde biyoloji, kimya, elektronik, otomotiv, uzay bilimi, tekstil ve tıp alanlarında kullanımı yaygındır. Seramik, kompozit, metal, polimer yapılar, cam ve yarı iletken malzemeler AFM ile incelenebilirler.

Atomik kuvvet mikroskobu 3 temel bileşenden oluşur. Bunlar; bilgisayar, kontrol elektroniği ve mikroskop bölümüdür.

- Bilgisayar: Bilgisayarda bulunan mikroskop yazılımı ile görüntü elde edilir. Ayrıca yazılım ile görüntüler analiz edilebilir.
- Kontrol Elektroniği: x-y-z PZT tarayıcısı ve z motoru gibi bileşenleri hareket ettirmek için gerekli olan elektronik sinyallerini üretir ve görüntüleri sayısallaştırarak bilgisayara aktarır.
- Mikroskop Bölümü: Görüntüsü alınacak örneğin konulduğu, x-y-z tarayıcısının ve z motorunun bulunduğu bölümdür.

Atomik boyutlarda bir mikro tutucuya bağlı olan nano uç (manivela) yardımıyla, düz yüzeye sabitlenmiş örneğin 3 boyutlu ve yüksek çözünürlükte görüntülenmesini sağlar. Lazer ışını kullanılan düzenekte ışın, tutucu kol (cantilaver) üzerinden yansıtılmaktadır. Tutucu koldaki yukarı ve aşağı yöndeki sapmalar ile lazer ışınındaki yansımalar hassas bir foto sensör tarafından okunmaktadır. Kısaca görüntüleme manivelanın yüzey ile etkileşiminin değerlendirilmesi sonucunda gerçekleşir (92, 93). AFM görüntülemesinde RMS değeri olarak verilen nicel veriler yüzey pürüzlülüğünü, Depth (MH) ise maksimum derinliği ifade eder.



Şekil 10. Atomik kuvvet mikroskobu (AFM)

2.10.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Taramalı elektron mikroskobu (Scanning Electron Microscopy-SEM) 1965 yılında ilk olarak biyolojik problemlerin çözümleri için geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. SEM yıllar boyunca geliştirilerek günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Adli Tıp, madde bilimleri, mikrobiyoloji, fizyoloji, anatomi, toksikoloji, patoloji, biyokimya ve yer yüzü bilimlerinden elde edilen materyalleri x20 ile x100.000'e kadar büyütürken yüzey yapılarını net biçimde görüntüleyerek yüzeyde meydana gelen farklılıklar değerlendirilir (94, 95).



Şekil 11. Taramalı elektron mikroskobu (SEM)

Bu tez çalışmasının amacı; kök kanal tedavisinde kullanılan 4 farklı irrigasyon solüsyonun (NaOCl, EDTA, Q-Mix, MTAD) ve tekrarlayan sterilizasyon döngülerinin kök kanal tedavilerinde güncel olarak kullanılan 4 farklı alaşımdan üretilmiş Ni-Ti döner eğenin (M-Wire alaşımından üretilmiş PTX, R-Faz alaşımından üretilmiş TFA, T-Wire alaşımından üretilmiş TS ve CM-Wire alaşımından üretilmiş HCM) yüzey özelliklerine etkisinin AFM ve SEM kullanılarak araştırılmasıdır. Bu çalışmanın sıfır hipotezi kullanılan tüm eğe gruplarında eğe yüzeylerinin sterilizasyon işlemleri ve test edilen irrigasyon solüsyonlarından etkilenmeyeceği şeklindedir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

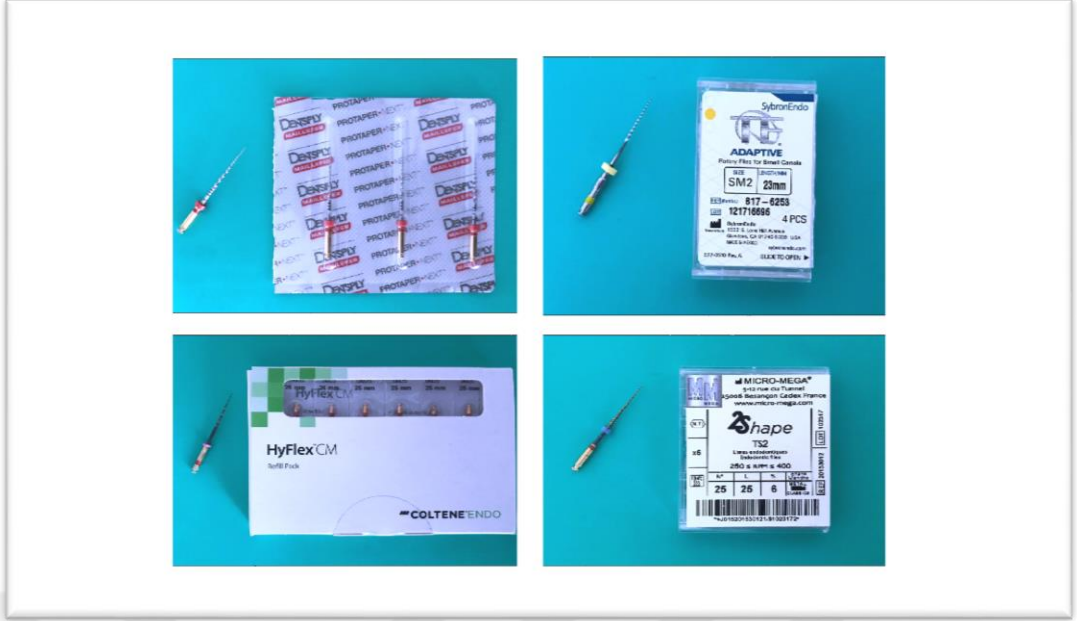
Bu tez araştırması Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda planlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Örneklerin stereomikroskop ile incelenmesi Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde, AFM ile değerlendirilmesi Kayseri 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. Grupların Kontrol Amaçlı Değerlendirilmesi

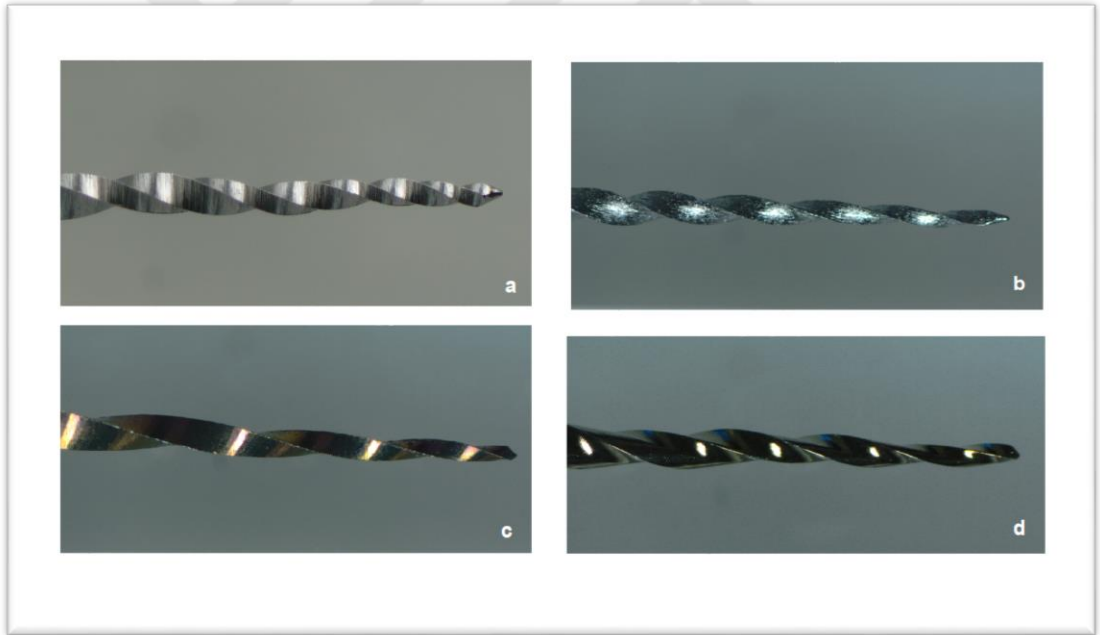
Çalışmada üretici firma paketinden yeni çıkarılmış TS (TS1 #25/0.06), PTX (X2 #25/0.06), TFA (SM2 #25/0.06) ve HCM (#25/0.06) kullanıldı (Tablo 1, Şekil 12). Deneylerin yeni eğeler ile yapılacak olmasına karşın, imalat sürecinde deformasyona uğrayıp uğramadığının belirlenmesi için eğeler stereomikroskop altında incelendi (Şekil 13). İmalat sürecinde deformasyona uğradığı düşünülen eğeler deney sürecine dahil edilmedi.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan eğeler ve özellikleri

Çalışmada Kullanılan Eğeler	Üretici Firma	Alaşım	Boyut ve Konisite
Protaper Next (PTX)	Dentsply Maillefer, Ballaigus, İsviçre	M-Wire	#25/0.06
Twisted File Adaptive (TFA)	SybronEndo, Orange, CA, ABD	R-Faz	#25/0.06
Hyflex CM (HCM)	Coltene, Whaledent, Altstatten, İsviçre	CM-Wire	#25/0.06
2Shape (TS)	Micro-Mega, Besancon, Fransa	T-Wire	#25/0.06



Şekil 12. Çalışmada kullanılan eğeler



Şekil 13. Eğelere ait stereomikroskop görüntüsü (a. PTX, b. TFA, c. HCM, d. TS)

Her grup için üçer adet TS, PTX, TFA ve HCM eğeleri kontrol örnekleri olarak kullanıldı. Eğeler analiz edilmek üzere apikal bölümlerinden 5 mm olacak şekilde karbon separe ile kesildi. Örnekler AFM analizi için AFM cihazına yerleştirildi. AFM 5µmX5µm alanda her bir örneğin apikal 3 mm'lik kısımlarında 11 farklı noktadan olmak üzere tapping (non-kontakt) mod için uygun olan silikon nitrit uçlar kullanılarak

tarama yapıldı. Üç boyutlu analiz görüntüleri, sayısal karşılaştırma için root mean square (RMS) ve tarama alandaki en derin ve en yüksek bölgenin farkını ortaya koyan Depth analiz verileri elde edildi.

3.2. Eğelerin İrrigasyon Solüsyonlarına Maruz Bırakılması

Deney için üretici firma paketinden yeni çıkarılmış her gruptan üçer adet olacak şekilde TS, PTX, TFA ve HCM eğeleri kullanıldı. Eğeler, kullanımı açısından üretici firma önerileri doğrultusunda döner vaziyette dinamik olarak %2,5 NaOCl (%5 NaOCl, 1:1 dilüe edildi), %17 EDTA, Q-Mix ve MTAD irrigasyon solüsyonlarında (Tablo 2) 5 dakika süre ile bekletildi. Solüsyonlarda bekletilen eğeler daha sonra distile su ile yıkanıp kurutularak incelenmek için apikal bölümlerinden 5 mm olacak şekilde karbon separe ile kesildi.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan irrigasyon solüsyonları ve özellikleri

Çalışmada Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları	Üretici Firma	İçerik
NaOCl	Wizard; Rehber Kimya, İstanbul, TR	%2,5 Sodyum Hipoklorit
EDTA	Imicryl Ltd., Konya, TR	%17 Etilen Diamin Tetraasetik Asit
BioPure MTAD	Dentsply, Tulsa Dental, Oklahoma, ABD	Doksisiklin, Sitrik Asit, Tween 80
Q-Mix 2in1	Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, Oklahoma, ABD	EDTA CHX Deterjan

3.3. Eğelerin Sterilizasyon İşlemine Maruz Bırakılması

Deney için üretici firma paketinden yeni çıkarılmış TS, PTX, TFA ve HCM eğeleri kullanıldı. Eğeler ultrasonik temizleme sonrası yıkanarak kurutuldu. Ardından paketlenip otoklavda 121°C' de 20 dakika süreyle sterilizasyon işlemi 5 kez uygulandı. Eğelerin apikal 5mm'lik kısımları karbon separe ile kesilerek incelenmek için hazırlandı.

3.4. Atomik Kuvvet Mikroskobu ile Yüzey Değerlendirmesi

Çalışma da AFM analizleri için Kayseri Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'ndeki Multi Mode 8 (Veeco Ins., Santa Barbara, CA) cihazı kullanıldı. Bütün eğerlere ait örnekler AFM analizi için AFM cihazına yerleştirildi. AFM 5µmX5µm alanda her bir örnekte 11 farklı noktadan olmak üzere tapping (non-kontakt) mod için uygun olan silikon nitrit uçlar kullanılarak tarama yapıldı. Üç boyutlu analiz görüntüleri, sayısal karşılaştırma için RMS ve tarama alandaki en derin ve en yüksek bölgenin farkını ortaya koyan Depth analiz verileri elde edildi.

3.5. İrrigasyon Solüsyonlarının Eğeler Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi

Deney için her grup ayrı ayrı olacak şekilde üretici firma paketinden yeni çıkarılmış üçer adet TS, PTX, TFA ve HCM eğerleri kullanıldı. %2,5 NaOCl, %17 EDTA, Q-Mix ve MTAD irrigasyon solüsyonlarında, eğerlerin kullanımını açısından üretici firma önerileri doğrultusunda döner vaziyette dinamik olarak 5 dakika süre ile bekletildi. Solüsyonda bekletilen eğerler daha sonra distile su ile yıkanarak kâğıt kurutucularla kurutuldu ve incelenmek üzere apikal bölümlerinden 5 mm olacak şekilde karbon separe ile kesildi. Örnekler AFM analizi için cihaza yerleştirildi. AFM 5µmX5µm alanda her bir örneğin apikal 3 mm'lik kısımlarından 11 farklı noktadan olmak üzere tapping (non-kontakt) mod kullanılarak tarama yapıldı. Üç boyutlu analiz görüntüleri, sayısal karşılaştırma için RMS ve Depth (analiz verileri elde edildi. Alınan tüm AFM verileri kontrol örneklerinden alınan verilerle karşılaştırıldı.

3.6. Sterilizasyon Prosedürlerinin Eğeler Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi

Deney için üretici firma paketinden yeni çıkarılmış 3'er adet TS TS1, PTX X2, TFA SM2 ve HCM eğerleri kullanıldı. Eğerler ultrasonik temizleme sonrası yıkanıp kurutuldu. Ardından paketlenip otoklavda 121°C' de 20 dakikalık sterilizasyon işlemi 5 kez uygulandı. Eğerlerin apikal 5 mm'lik kısımları karbon separe ile kesildi Örnekler AFM analizi için AFM cihazına yerleştirildi. AFM 5µmX5µm alanda her bir örneğin apikal 3 mm'lik kısımlarından 11 farklı noktadan olmak üzere tapping (non-kontakt)

mod kullanılarak tarama yapıldı. Üç boyutlu analiz görüntüleri, sayısal karşılaştırma için RMS ve Depth analiz verileri elde edildi. Alınan tüm AFM verileri kontrol örneklerinden alınan verilerle karşılaştırıldı.

3.7. İstatistiksel Değerlendirme Yöntemi

Veriler IBM SPSS V23 yazılımı (SPSS Inc., IBM Corp., New York, ABD) ile analiz edildi. Tanımlayıcı istatistikler ortalama, minimum-maksimum ve standart sapma olarak ifade edildi. Depth ve RMS değerleri grup ve uygulama için normal dağılıma uygunluk açısından Shapiro Wilk testi ile incelendi. Normal dağılıma uymayan veriler üzerinden LN dönüşümü uygulanarak normallik varsayımları sağlandı. Tanımlayıcı istatistikler, yorumlama zorluğu olacağından, LN dönüşüm yapılmış haliyle değil orijinal haliyle sunuldu. Grup için uygulamalara göre Depth ve RMS ortalama değerleri tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırıldı. Uygulamalar arası farklılığın çıkması durumunda kontrol grubuna göre farklılık gösteren uygulama Dunnett testi ile incelendi. Analiz sonuçları ortalama \pm standart sapma olarak sunuldu. Tüm testler için önem düzeyi $p < 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

4.1. Farklı EĒe Gruplarının İrrigasyon Ve Sterilizasyon Prosedürleri Uygulaması Sonucu Kontrol Gruplarına Göre Depth Bulguları Açısından DeĒerlendirilmesi

PTX incelendiĒinde uygulamalara göre ortalama deĒerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.001$) (Tablo 3, Şekil 14, Şekil 18, Şekil 19). Kontrol grubunda ortalama deĒer 140.97, NaOCl uygulamasında 234.76, EDTA 144.97, Q-Mix'te 175.35, MTAD'da 155.65, sterilizasyonda 234.96 olarak elde edilmiştir.

TFA grubunda uygulamalara göre ortalama deĒerler arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0.001$) (Tablo 3, Şekil 15, Şekil 20, Şekil 21). Kontrol grubunda ortalama deĒer 103.63, NaOCl uygulamasında 127.41, EDTA'da 111.28, Q-Mix'te 104.99, MTAD'da 105.22, sterilizasyonda 223.43 olarak elde edilmiştir.

HCM grubunda Depth ortalama deĒerleri farklılık göstermemiştir ($p<0,001$) (Tablo 3, Şekil 16, Şekil 22, Şekil 23). Kontrol grubunda ortalama deĒer 215.3, NaOCl uygulamasında 216.41, EDTA uygulamasında 238.26, Q-Mix'te 242.35, MTAD'da 245.31, sterilizasyonda 230.35 olarak elde edilmiştir. İstatistiksel olarak gruplar arası anlamlı bir farklılık oluşmamıştır.

TS grubu içerisinde uygulamalara göre ortalama Depth deĒerleri farklılık göstermektedir ($p<0.001$) (Tablo 3, Şekil 17, Şekil 24, Şekil 25). Kontrol grubunda ortalama deĒer 64.12, NaOCl uygulamasında 116.44, EDTA uygulamasında 66.34, Q-Mix'te 86.03, MTAD uygulamasında 67.93, sterilizasyonda 123.99 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3. Gruplar içi uygulamalara göre Depth ortalama ve standart sapma değerleri

	PTX	TFA	HCM	TS
Kontrol	140.97 ± 84.01	103.63 ± 40.96	215.3 ± 90.05	64.12 ± 27.56
NaOCl	116.44 ± 105.61*	216.41 ± 40.8	234.76 ± 140.37*	127.41 ± 105.5
EDTA	144.97 ± 66.95	111.28 ± 34.7	238.26 ± 51.5	66.34 ± 30.4
Q-Mix	86.03 ± 27.58	242.35 ± 87.63	175.35 ± 87.63	104.99 ± 45.57
MTAD	155.65 ± 72.63	105.22 ± 44.19	245.31 ± 75.19	67.93 ± 31.93
Sterilizasyon	234.96 ± 120.7*	223.43 ± 123.31*	230.35 ± 79.75	123.99 ± 68.3*

*Her bir grup içerisinde kontrolden farklılık gösteren uygulama

4.2. Farklı Eğe Gruplarının İrrigasyon Ve Sterilizasyon Prosedürleri Uygulaması Sonucu Kontrol Gruplarına Göre RMS Değerleri Açısından Değerlendirilmesi

PTX içerisinde uygulamalara göre ortalama değerler arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0.001$) (Tablo 4, Şekil 14, Şekil 18, Şekil 19). Kontrol grubunda 32.06, NaOCl uygulamasında 47.47, EDTA uygulamasında ortalama değer 33.76, Q-Mix'te 44.37, MTAD'da 37.32, sterilizasyonda 51.95 olarak elde edilmiştir.

TFA içerisinde uygulamalara göre ortalama değerler arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0.001$) (Tablo 4, Şekil 15, Şekil 20, Şekil 21). Kontrol grubunda 23, NaOCl uygulamasında 31.56, EDTA uygulamasında ortalama değer 25.23, Q-Mix'te 29.30, MTAD'da 27.16, sterilizasyonda 44.45 olarak elde edilmiştir.

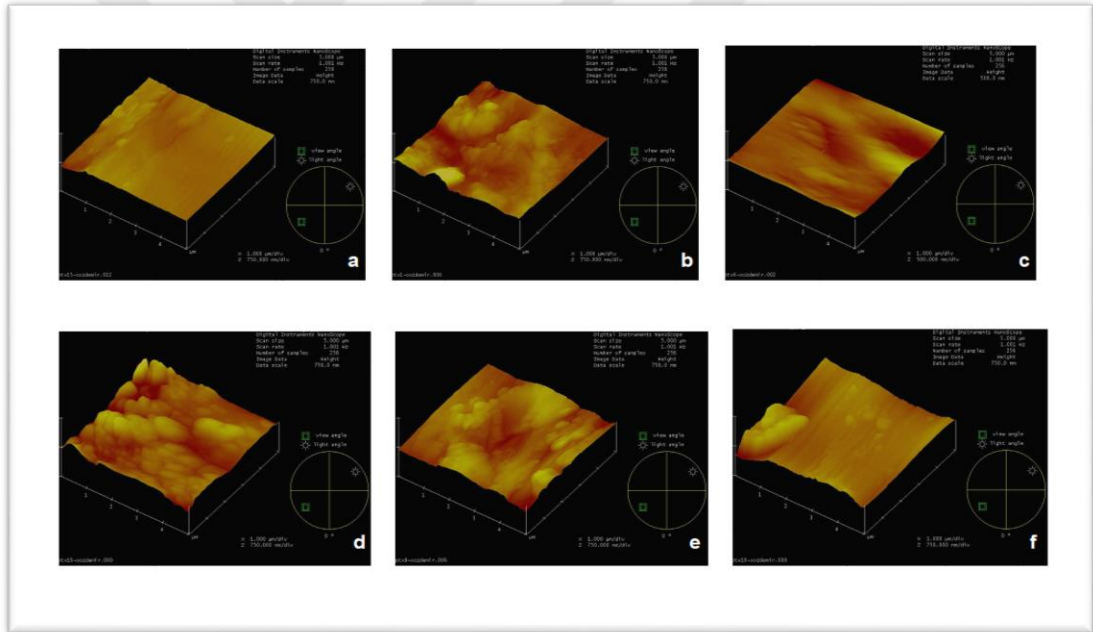
HCM grubunda RMS ortalama değerleri farklılık göstermemiştir. ($p<0.001$) (Tablo 4, Şekil 16, Şekil 22, Şekil 23). Kontrol grubunda 43.46 NaOCl uygulamasında 48.73, EDTA uygulamasında ortalama değer 50.72, Q-Mix'te 44.37, MTAD'da 44.84, sterilizasyonda 43.92 olarak elde edilmiştir. İstatistiksel olarak gruplar arası anlamlı bir farklılık oluşmamıştır.

TS grubu içerisinde uygulamalara göre ortalama RMS değerleri farklılık göstermektedir ($p<0.001$) (Tablo 4, Şekil 17, Şekil 24, Şekil 25). Kontrol grubunda 12.06, NaOCl uygulamasında 19.41, EDTA uygulamasında ortalama değer 18.94, Q-Mix'te 16.44, MTAD uygulamasında 12.38, sterilizasyonda 26.25 olarak elde edilmiştir.

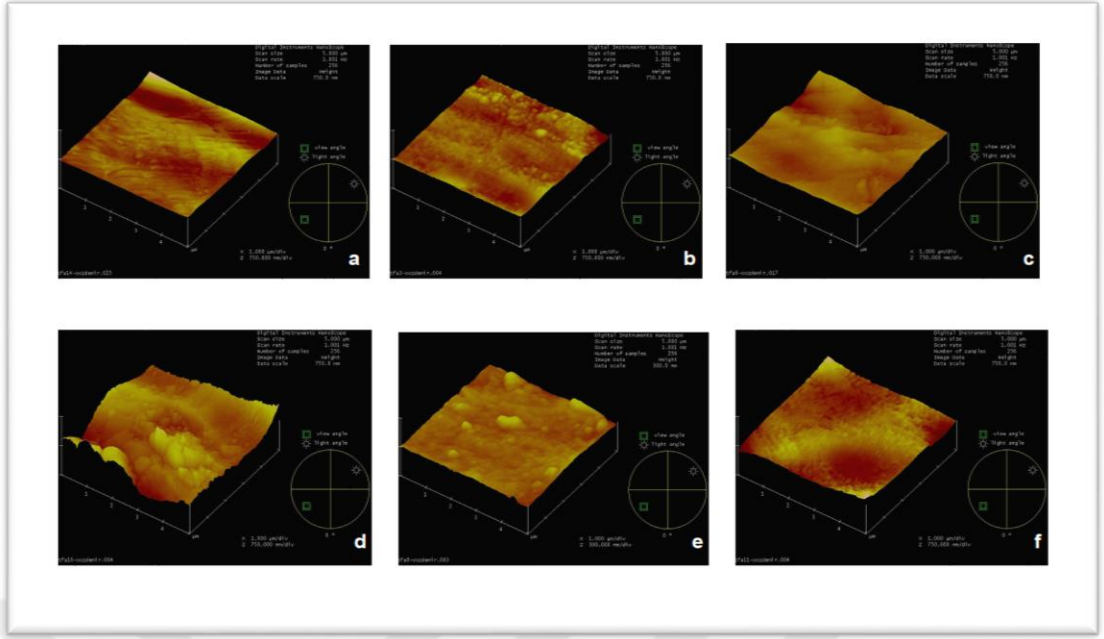
Tablo 4. Gruplar içi uygulamalara göre RMS ortalama ve standart sapma değerleri

	PTX	TFA	HCM	TS
Kontrol	32.06 ± 20.78	23 ± 8.73	43.46 ± 18.46	12.06 ± 6.89
NaOCl	19.41 ± 13.22	48.73 ± 9.47	47.47 ± 21.89*	31.56 ± 18.64
EDTA	33.76 ± 14.5	25.23 ± 8.76	50.72 ± 13.77	18.94 ± 4.93
Q-Mix	16.44 ± 6.98	44.37 ± 20.15	44.37 ± 20.15*	29.3 ± 16.26
MTAD	37.32 ± 19.26	27.16 ± 9.73	44.84 ± 17.9	12.38 ± 6.98
Sterilizasyon	51.95 ± 25.75*	44.45 ± 23.55*	43.92 ± 20.04	26.25 ± 20.83*

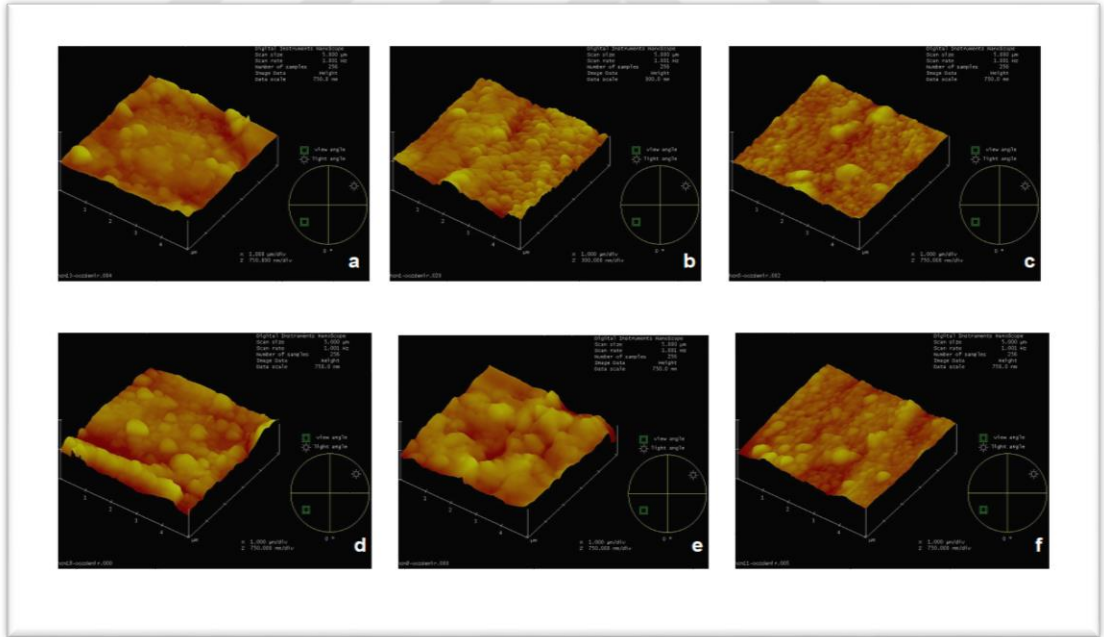
*Her bir grup içerisinde kontrolden farklılık gösteren uygulama



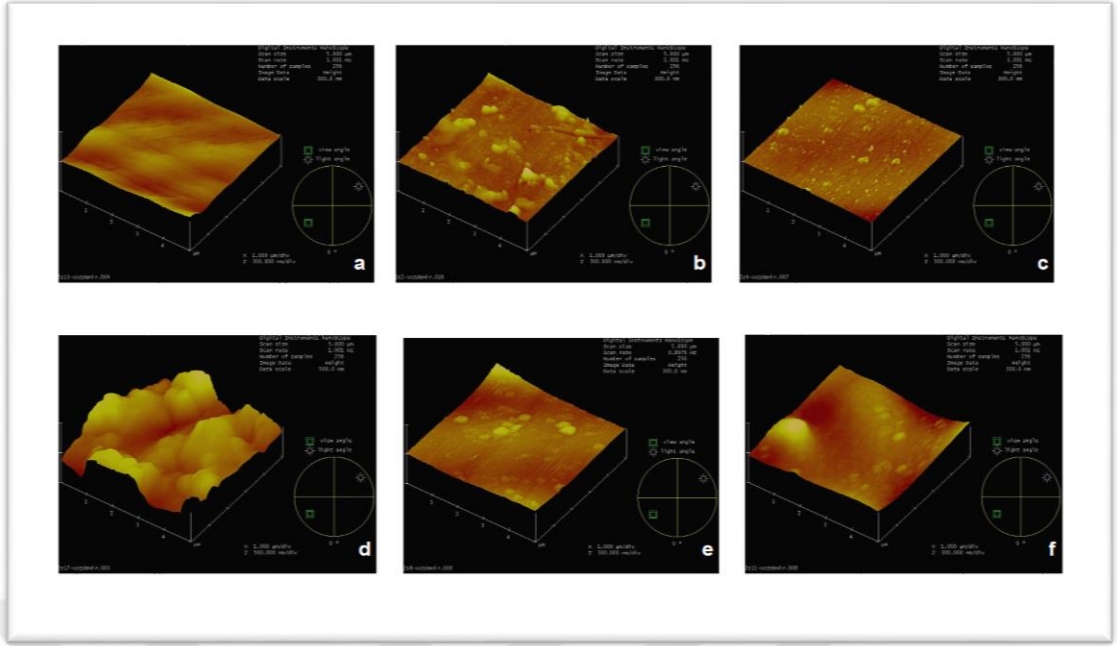
Şekil 14. ProTaper Next eğesine ait uygulamalara göre AFM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. Sterilizasyon, e. Q-mix, f. MTAD)



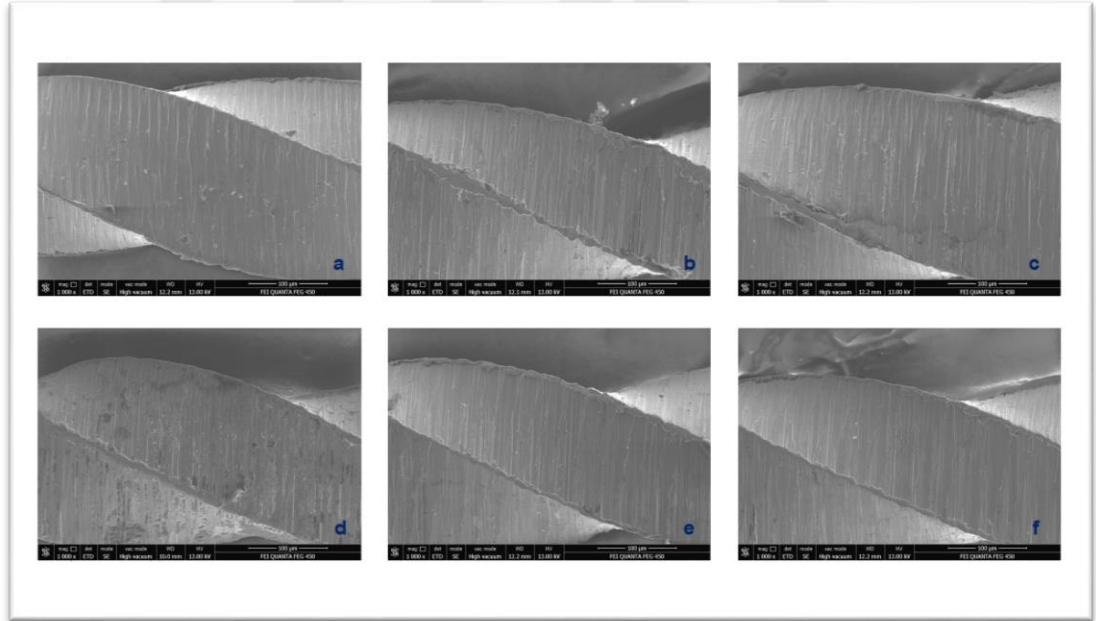
Şekil 15. TF Adaptive eğesine ait uygulamalara göre AFM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. Sterilizasyon, e. Q-mix, f. MTAD)



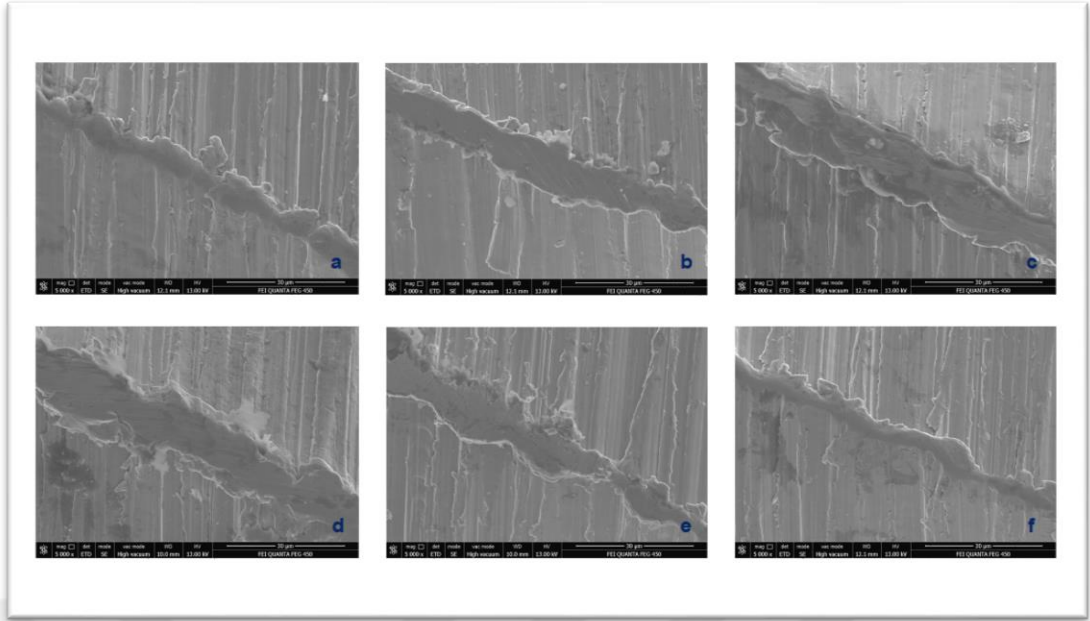
Şekil 16. Hyflex CM eğesine ait uygulamalara göre AFM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. Sterilizasyon, e. Q-mix, f. MTAD)



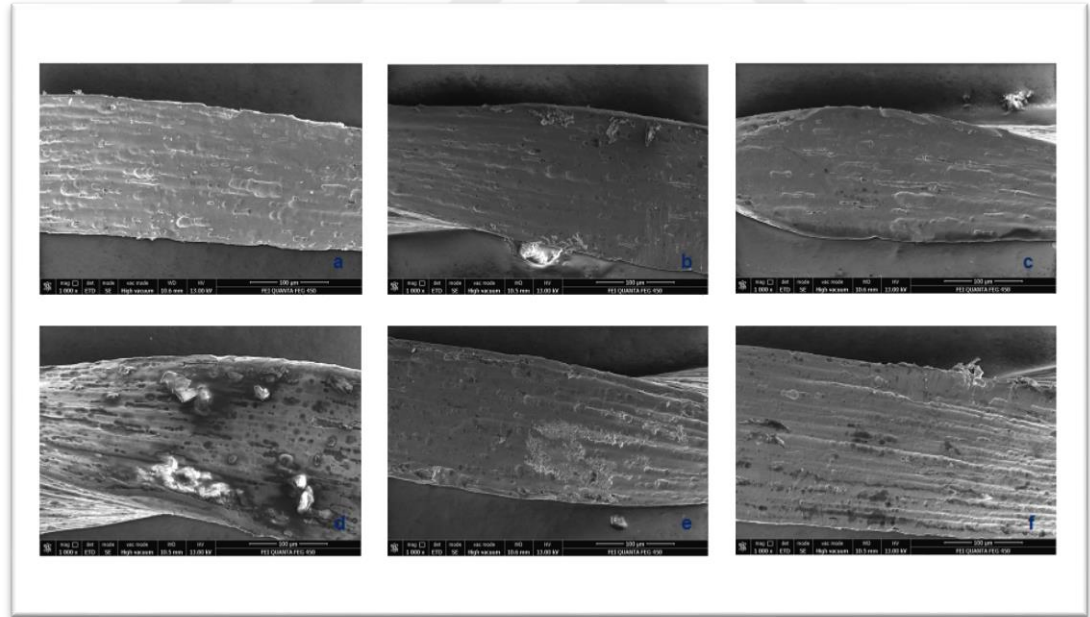
Şekil 17. 2Shape eĝesine ait uygulamalara göre AFM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. Sterilizasyon, e. Q-mix, f. MTAD)



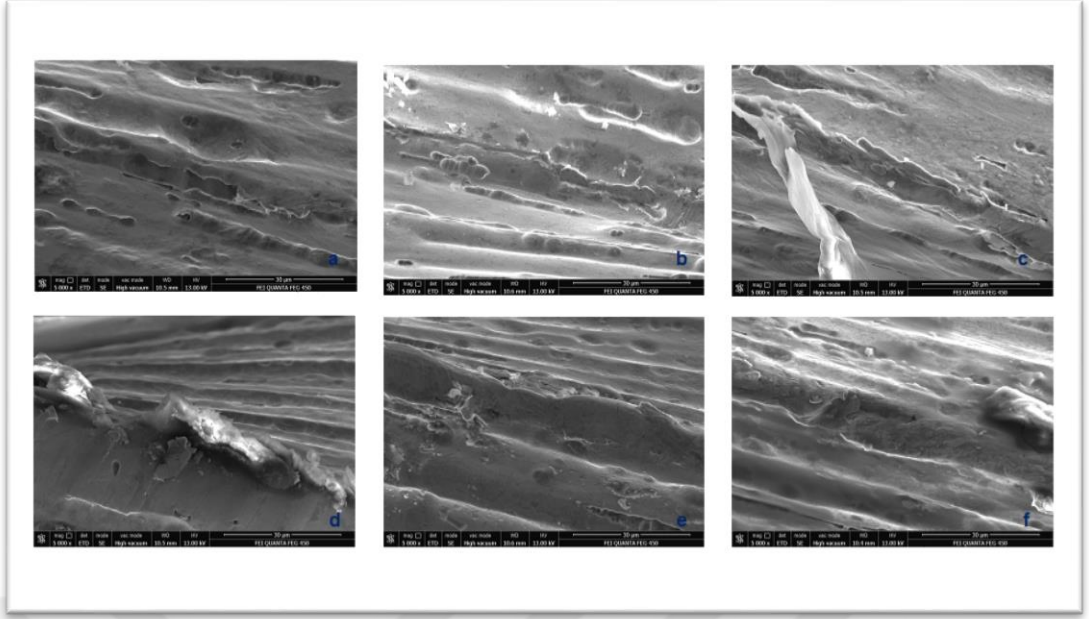
Şekil 18. ProTaper Next eĝesine ait uygulamalara göre x1000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. Sterilizasyon, e. Q-mix, f. MTAD)



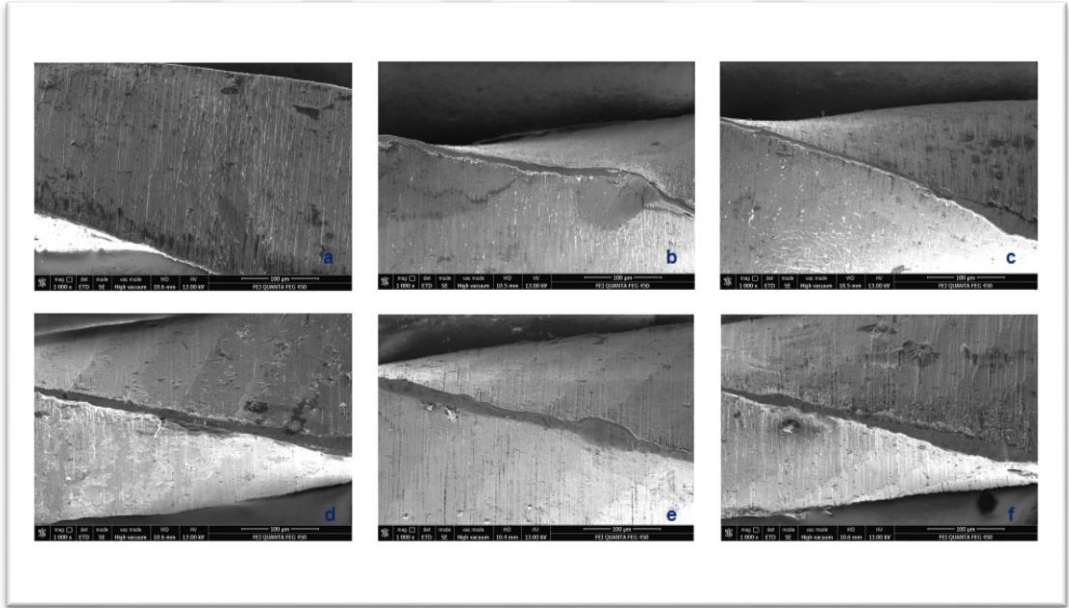
Şekil 19. ProTaper Next eğesine ait uygulamalara göre x5000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. Sterilizasyon, e. Q-mix, f. MTAD)



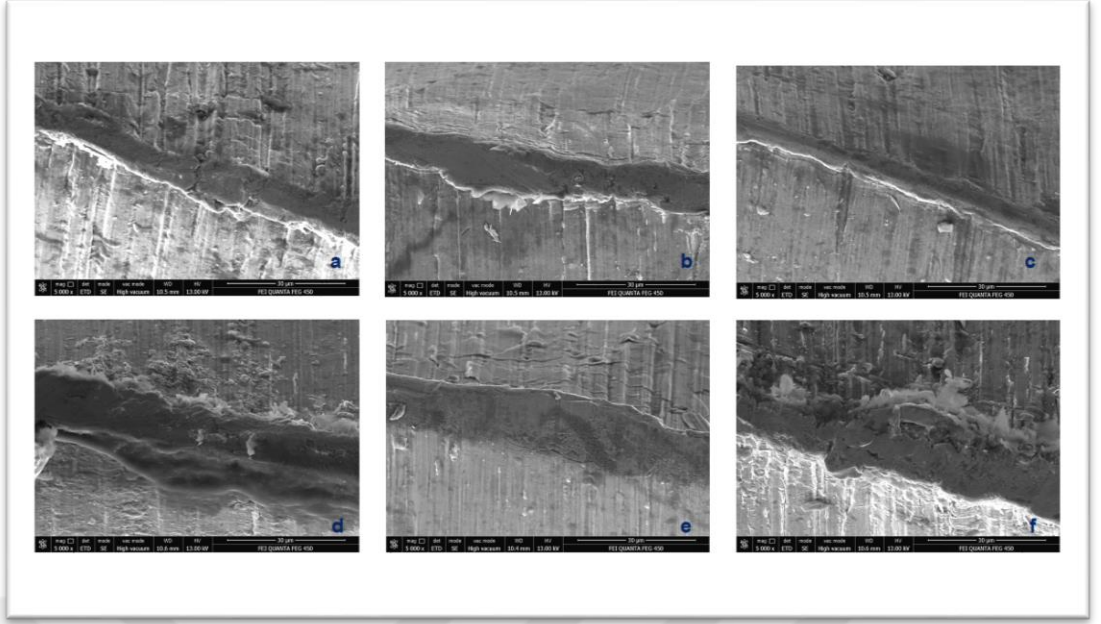
Şekil 20. TF Adaptive eğesine ait uygulamalara göre x1000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. Sterilizasyon, e. Q-mix, f. MTAD)



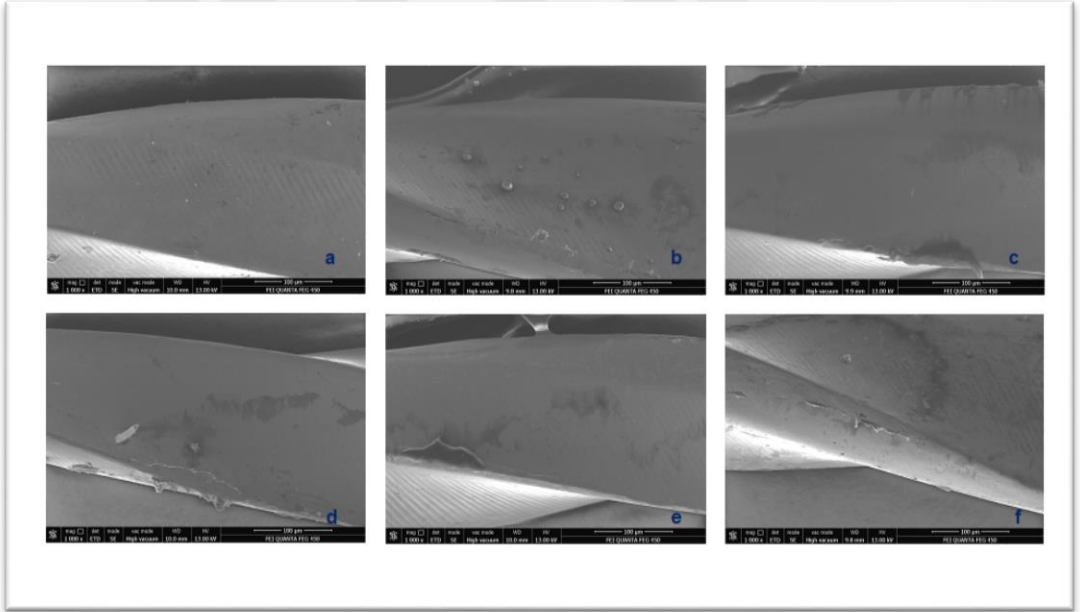
Şekil 21. TF Adaptive eĝesine ait uygulamalara göre x5000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. Sterilizasyon, e. Q-mix, f. MTAD)



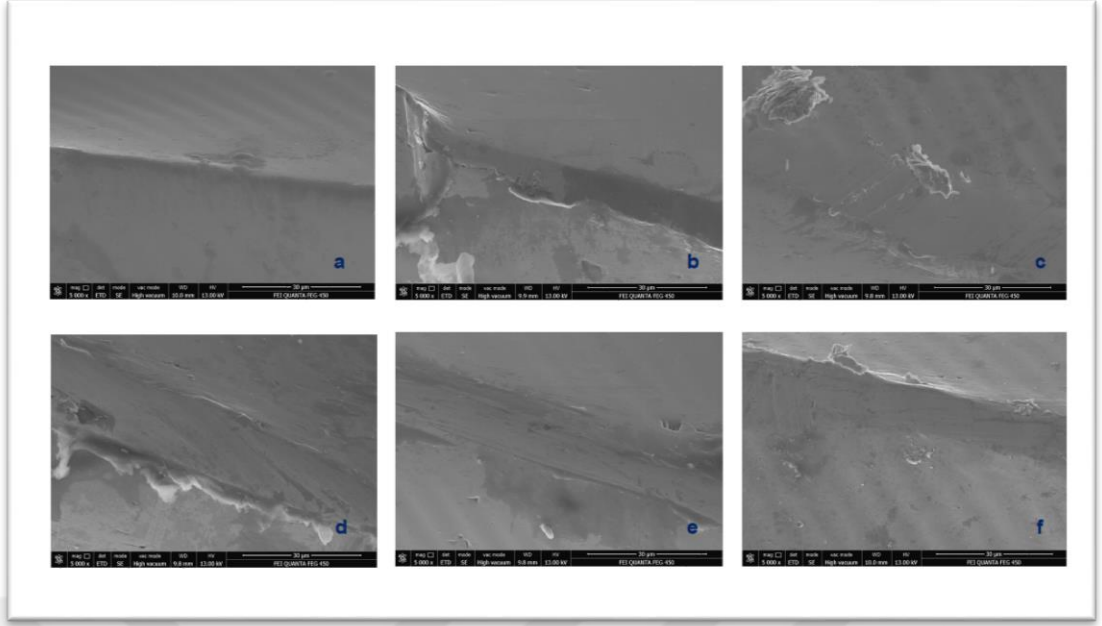
Şekil 22. Hyflex CM eĝesine ait uygulamalara göre x1000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. Sterilizasyon, e. Q-mix, f. MTAD)



Şekil 23. Hyflex CM eğesine ait uygulamalara göre x5000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. Sterilizasyon, e. Q-mix, f. MTAD)



Şekil 24. 2Shape eğesine ait uygulamalara göre x1000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. Sterilizasyon, e. Q-mix, f. MTAD)



Şekil 25. 2Shape eğesine ait uygulamalara göre x5000 büyütme SEM görüntüleri (a. Kontrol, b. NaOCl, c. EDTA, d. Sterilizasyon, e. Q-mix, f. MTAD)

5. TARTIŞMA

Kök kanal tedavisinin öncelikli amacı en dar yeri fizyolojik foramen ve en geniş yeri koronal bölgedeki kanal girişi olan kök kanal sisteminden iritanları uzaklaştırarak, temizlenmiş ve konik formda şekillendirilmiş kök kanalının tekrar enfekte olmasını engellemek amacıyla hermetik bir şekilde doldurulması ve tıkanması işlemidir (1). Pulpa odasındaki ve kök kanalındaki doku artıklarının, bakteri ve bakteri ürünlerinin kanal içerisinden uzaklaştırılarak temizlenmesi, şekillendirilmesi ve apikal bölgenin preparasyonunu içeren işlemlerin tümüne biyomekanik preparasyon denir (96). Biyomekanik kök kanal preparasyonu endodontik tedavinin en önemli basamaklarından birisidir (2). Kök kanallarının mekanik preparasyonu öncesinde, sırasında ve sonrasında bakteri, bakteri ürünleri ve doku artıklarını çözücü, aynı zamanda antimikrobiyal özellikte bir solüsyon ve/veya solüsyonlarla yıkanması gerekir (61). NaOCl güncel endodontik tedavi rutininde halen vazgeçilmez bir irrigasyon solüsyonudur. Bakterilere, bakteriofajlara, sporlara, mayalara ve virüslere karşı etkinliği kanıtlanmış geniş spektrumlu antimikrobiyal bir ajandır (68). Organik doku çözücü etkisi, antiseptik özelliği, yüzey geriliminin düşük olması ile dentin duvarlarına hızlıca nüfuz edebilmesi ayrıca maliyetinin düşük olması endodontik tedavilerde tercih edilme nedenleridir (67, 69-71). EDTA kanal preparasyon aşamasını etkili kılmak, smear tabakasını uzaklaştırmak, dentin duvarlarının dezenfeksiyonunu artırmak ve temizlemek amacıyla kullanılmaktadır (67). Q-Mix 2in1 smear tabakasını kaldırma yeteneğine sahip ve antimikrobiyal aktivitesi yüksek bir ajandır (80, 81). MTAD dentin dokusunun dezenfeksiyonunu sağlarken aynı zamanda smear tabakayı da kaldırma iddiasıyla geliştirilmiş bir solüsyondur.

NaOCl solüsyonunun smear tabakasının uzaklaştırılmasında yetersiz olması ve inatçı *Enterococcus*, *Actinomyces* ve *Candida* türleri üzerinde etki sahibi olmaması nedenleriyle genellikle birden fazla solüsyon ile kombine kullanılması gündeme gelmiştir (76). Smear tabakasını kaldırmak için sodyum hipoklorit ile kombine olarak EDTA, sitrik asit, organik asitler, MTAD, Q-Mix gibi solüsyonlar kullanılabilir.

Etkin temizlik basamağının yanı sıra kanal preparasyonunun başarısı kök kanal tedavisinin bütün aşamalarının etkinliği için çok önemlidir (2). Bugüne kadar farklı metalürjik özelliklerde ve çalışma prensibinde pek çok sistem klinik kullanıma sunulmuştur. Ni-Ti enstrümanların birçok avantajı olmasına rağmen, klinik kullanımda beklenmeyen hatalar meydana gelebilmektedir (3).

Ni-Ti döner eğeler, kullanım sırasında deformasyona uğrarlar ve kanal içinde kırılmalar meydana gelebilir. Bu tedavi sürecini uzatan ve zorlaştıran bir durumdur. Ayrıca fiziksel olarak kanal içinde aktif olarak kullanılmalarının yanı sıra, farklı irrigasyon solüsyonlarıyla temas ederler ve steril edilebilmeleri için yüksek ısıya maruz kalırlar. Bu gibi durumlar metal üzerinde deformasyona ve yorgunluğa sebep olmaktadır. İrrigasyon solüsyonlarının eğeler üzerinde korozyona neden olabileceği ve sterilizasyon prosedürleri sonucu deformasyona uğradığı daha önce farklı görüntüleme yöntemleriyle yapılmış çalışmalarla desteklenmiştir.

Topuz ve ark. (97), NaOCl'in RaCe (FKG, La Chaux-de-Fonds, İsviçre) döner sistem Ni-Ti eğesi üzerindeki etkilerini AFM ile analiz ettikleri bir çalışmada kontrol grubu ile aradaki farkı istatistiksel olarak anlamlı bulduklarını bildirmişlerdir.

Ametrano ve ark. (98), EDTA ve NaOCl'in ProTaper Universal (Dentsply, Maillefer) endodontik eğesi üzerindeki etkilerini AFM ile incelemişler ve kontrol grubuna göre eğe yüzeylerindeki değişikliği istatistiksel olarak anlamlı bulmuşlardır.

Valois ve ark. (99) tekrarlayan sterilizasyon döngülerinin 2 farklı eğe grubu üzerindeki etkilerini AFM ile inceledikleri bir çalışma sonucu çoklu sterilizasyon işleminin Ni-Ti eğelerin yüzey düzensizliğini artırdığını bildirmişlerdir.

Konvansiyonel Ni-Ti (ProTaper Universal, Dentsply, Maillefer) ve titanyum nitrit kaplı (TiN-coated AlphaKite, Komet/Gebr. Brasseler) döner eğe sistemlerinin sterilizasyon sonrası yüzey deformasyonlarının SEM ve AFM ile incelendiği bir araştırmada ise; tekrarlayan sterilizasyon prosedürlerinin eğelerin yüzey topografisini ve kimyasal kompozisyonunu değiştirdiği rapor edilmiştir (7).

Sağlam ve Görgöl'ün (100); 3 farklı markaya ait retreatment eğesinin kullanım sayısının, NaOCl ve kloroform ile temasının ve çoklu sterilizasyon döngülerinin yüzey yapısına etkilerini SEM ve AFM ile incelediği bir çalışma sonucu NaOCl'in eğe yüzeyine etkilerini istatistiksel olarak anlamlı bulsalar da kloroform ve sterilizasyon işlemlerinin eğelerin yüzey yapısına etkisi olmadığını bildirmişlerdir.

Sterilizasyonun yüzey yapısına etkisinin SEM ile incelendiği bir çalışmanın sonucunda Razavian ve ark. (101), sterilizasyon prosedürlerinin yüzey yapısını etkilediğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmada kök kanal tedavilerinde güncel olarak çoğunlukla tercih edilen 4 farklı Ni-Ti alaşımından yapılmış endodontik eğe kullanılmıştır. M-Wire alaşımından üretilmiş PTX, R-Faz alaşımdan üretilmiş TFA, T-Wire alaşımından üretilmiş TS ve CM-Wire alaşımından üretilmiş HCM döner eğe sistemlerinin kök kanal tedavisi

rutininde kullanılan veya kullanılması önerilen farklı irrigasyon solüsyonlarından (NaOCl, EDTA, Q-Mix, MTAD) ve tekrarlayan sterilizasyon döngülerinden etkilenip etkilenmediği AFM ve SEM kullanılarak araştırılmıştır.

Eğeler kök kanalında kullanılmadan solüsyonlara ve sterilizasyon işlemine maruz bırakılmıştır. Çünkü çalışmanın amacı dış etkilerden bağımsız olarak eğelerin solüsyonlardan ve sterilizasyon prosedürlerinden ne derece etkilendiğini sayısal verilerle sunabilmektir.

Materyallerin yüzey özelliklerini incelemek amacıyla stereomikroskop, SEM, AFM gibi cihazlar kullanılmaktadır. SEM, örneklerin iki boyutlu "fotoğraf" görüntüsünü elde etmek için vakum altında çalıştırılan bir elektron ışını kullanır, ancak doğrudan herhangi bir nicel veri sağlayamaz (102). Gözleme dayalı analiz yapar. AFM ise üç boyutlu görüntü vermesi ve yüzey özellikleri için nitel ve nicel bilgi sunabildiği için günümüzde oldukça popüler hale gelmiştir (103). Literatür taramasında, endodonti alanında da bu cihaz ile yapılmış birçok araştırmaya ulaşılabilmektedir (7, 11, 98, 104, 105). Bu araştırmalarda farklı çalışma modları kullanılmıştır. Ni-Ti kök kanal aletlerinin AFM ile yüzey analizi yapılan bu çalışmada tapping (nonkontakt) mod kullanılmıştır. Kontakt modun kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur. (97, 98) Kontakt modda AFM cihazına ait uç devamlı olarak materyale temas eder ve taramayı bu şekilde yapar. Analiz yapan ucun devamlı temas etmesi analizin kalitesi açısından dezavantaj oluşturur.

Sağlam ve Görgül (100) ve Yılmaz ve ark. (106) Ni-Ti eğelerin yüzey değişikliklerini inceledikleri AFM çalışmalarında yüzey analizi için tapping (nonkontakt) mod kullanmışlardır. Tapping modda belirli aralıklarla salınan uç ile materyale belirli sıklıkta temas eder ve taramayı bu şekilde gerçekleştirir. Braga ve Ricci (103) analiz sırasında tapping mod kullanımıyla lateral etkilerden etkilenmeden daha net ölçümler yapılabildiğini ifade etmişlerdir.

AFM görüntülemesinde RMS değeri olarak verilen nicel veriler yüzey pürüzlülüğünü ifade eder. Çoğu AFM çalışmasında RMS değerleri ile istatistiksel analiz yapılmıştır. Depth (MH) ise maksimum derinliği ifade eder. Valois ve ark. (99), Nair ve ark. (107) Ni-Ti eğeler üzerinde sterilizasyon prosedürlerinin etkilerini inceledikleri AFM çalışmalarında yüzey pürüzlülüğünün karşılaştırmasında RMS ve Depth değerlerini kullanmışlardır. Bu tez çalışmasında da yüzey pürüzlülüğünün değişikliğinin değerlendirilmesi RMS ve Depth değerlerinin karşılaştırması ile yapılmıştır.

PTX, TFA, TS, HCM eğeleri ile ilgili yayınlanmış birçok çalışma mevcuttur. Literatür tarandığında karşılaştırmalı olarak döngüsel yorgunluk direnci, kesme yeteneği, ekstrüzyon oranları gibi hakkında birçok farklı bilgiye ulaşılabilmektedir ancak yüzey topografilerinin incelendiği çok fazla araştırmaya rastlanmamıştır (58, 108-113).

Eğeler yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi amacıyla farklı irrigasyon solüsyonlarında 5 dakika süre ile bekletilmiştir. İrrigasyon solüsyonlarının eğeler üzerindeki etkilerini inceleyen farklı AFM çalışmalarında eğeler farklı zaman dilimleri açısından işleme tabi tutulup incelenmiş olsa da araştırmalar çoğunlukla 5 dakika süre ile yapılmıştır ve yeterli sonuçlara ulaşılmıştır (97, 98, 100, 114).

Önceki yüzey analiz çalışmalarında, eğelerin irrigasyon solüsyonları açısından değerlendirilmesi farklı zaman dilimleri açısından solüsyon içerisinde pasif bir biçimde bekletilmesi şeklinde yapılmıştır (97, 114). Ancak son zamanlarda klinik koşulları daha iyi taklit edebilmesi amacıyla, dinamik olarak, eğelerin üretici firma önerilerine uyularak döner vaziyette temas yöntemi tercih edilmeye başlanmıştır (115, 116). Bu tez araştırmasında da irrigasyon solüsyonları deneyi eğelerin üretici firma önerilerine uygun bir şekilde uygun endomotorlarla dinamik olarak yapılmıştır.

Bu çalışmada RMS verileri açısından PTX'in yüzey pürüzlülüğü %2,5'lük NaOCl uygulaması ardından istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artmıştır. Fayyad ve Mahran (114), PTX gibi M-wire alaşımından yapılmış GTX (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, Oklahoma, ABD) eğesinin NaOCl ve EDTA uygulaması sonrası yüzey değişikliklerini inceledikleri çalışmada da NaOCl açısından uyumlu sonuçlar elde etmişlerdir. Çalışmada GTX eğesinin %17'lik EDTA uygulaması sonrası yüzeyinde anlamlı bir değişiklik oluşmamıştır. Bu araştırmada da PTX eğesi EDTA uygulamasından etkilenmemiştir.

Literatür tarandığında Q-Mix solüsyonunun eğelerin yüzey değişikliğine etkisinin incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır ancak içeriğindeki CHX'in ege yüzeyine etkisinin incelendiği bir çalışmaya ulaşılmıştır. (115) Sağlam ve ark. ProTaper eğesi üzerinde yaptıkları bu çalışmada CHX'in limitli de olsa ege yüzeyinde değişikliğe neden olduğunu ifade etmişlerdir. Bizim araştırmamızda da Q-Mix solüsyonu PTX eğesi üzerinde yüzey değişikliğine neden olmuştur. Sağlam ve ark. tarafından yapılan aynı çalışmada MTAD solüsyonu da kullanılmıştır ve ege yüzeyinde değişikliğe neden olmuştur. Ancak bu çalışmada MTAD'ın PTX üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir. Sonuçların farklı olması, bu çalışmada

solüsyonlarla temas süresinin 5 dakika, Sağlam ve ark. çalışmasında 10 dakika olmasıyla açıklanabilir. Ayrıca kullanılan eğelerin alaşımlarının da aynı olmaması sonuçlardaki farklılığı anlamlı kılmaktadır. MTAD solüsyonunun eğelerin yüzey pürüzlülüğüne etkisini belirlemek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

PTX eğesinin RMS değerleri ile Depth değerleri Q-Mix solüsyonu harici uyumluluk göstermektedir. Q-Mix için kontrol grubu ile aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

TFA eğesi açısından RMS değerleri incelendiğinde irrigasyon solüsyonları ile eğenin 5 dakikalık teması yüzey üzerindeki düzensizliği artırmış olsa da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Depth verileri de RMS verileri ile uyumludur. Fayyad ve Mahran (114), çalışmasında TF eğesi de değerlendirilmiş ve 5 dakikalık %5,25 konsantrasyonundaki NaOCl uygulaması eğe yüzey pürüzlülüğünü artırmıştır. Çalışmada EDTA açısından anlamlı bir farklılık izlenmemiştir. Arada çıkan farkın kullanılan NaOCl konsantrasyonlarından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

TS eğesi açısından RMS değerleri incelendiğinde 5 dakikalık NaOCl, EDTA, Q-Mix ve MTAD uygulaması yüzey düzensizliğini artırmış olsa da istatistiksel olarak anlamlı değildir. NaOCl grubu harici RMS ve Depth verileri sonuçları uyumludur. Depth verileri incelendiğinde NaOCl solüsyonu eğe üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki sergilemiştir. Literatürde TS eğelerine ait yüzeylerin incelendiği hiçbir çalışma bulunmadığından, bu çalışmanın bulgularını başka çalışmalarla karşılaştıramamaktayız.

HCM eğesi açısından RMS değerleri incelendiğinde 5 dakikalık NaOCl, EDTA ve MTAD uygulamasının eğe yüzeyindeki pürüzlülük miktarını etkilemediği görülmüştür. Cai ve ark. (116) 10 dakikalık %5,25 'lik NaOCl ve %17'lik EDTA uygulamasının HCM eğesi üzerindeki etkilerini inceledikleri bir çalışmada EDTA'nın eğe yüzeyindeki düzensizliği artırdığını fakat NaOCl'in anlamlı bir etki yaratmadığını gözlemişlerdir. Uslu ve ark. (117) Hyflex EDM ve HCM eğesinin NaOCl ve EDTA ile 10 dakikalık teması sonucu yüzey değişikliğinin AFM ile analiz ettikleri bir çalışmada en düşük RMS değerinin Hyflex EDM ve en yüksek RMS değerinin Hyflex EDM ve CM 'nin EDTA grubuna ait olduğunu bildirmişlerdir. Bütün gruplar için çıkan sonucu anlamlı kabul etmişler ve irrigasyon solüsyonlarının Hyflex grubu eğelerin yüzeylerinde değişiklik yapabileceği ve bu nedenle dikkatli kullanılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu tez çalışması ile diğer çalışmalardaki sonuçlar

arasındaki farklılığın solüsyonlarla olan temas sürelerinden veya konsantrasyon farklılıklarından kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Günümüz klinik uygulamalarında enfeksiyon kontrolü büyük önem taşımaktadır. Bakterilerin yanı sıra, virüsler ve prionlar açısından devamlı bir çapraz enfeksiyon tehdidi vardır. Yapılan çeşitli çalışmalarda geleneksel kimyasal ve mekanik temizleme işlemlerinin bu tehditleri ortadan kaldırmakta yeterli olmadığı gösterilmiştir. Sıkı bir dezenfeksiyon protokolünden sonra, kimyasalların kullanımı ile bu tür enfeksiyonların yayılmasına karşı en iyi savunma buhar sterilizasyonudur (118). Bununla birlikte, bugün bile, bu tür sterilizasyon prosedürlerinin, döner Ni-Ti eğelerin yüzeyleri üzerindeki etkisi konusunda fikir birliği sağlanamamıştır (99).

Ayrıca eğelerin kaç defa kullanılması gerektiğine ya da başka bir deyişle kaç defaya kadar kullanılması gerektiğine dair de bir fikir birliğine ulaşılamamıştır. Üretici firmalar, bazı araştırmalar, bazı devlet kurumları ve birçok klinisyen, çapraz kontaminasyonu engellemek ve beklenmeyen alet kırılmalarını en aza indirmek amacıyla bir set döner aletin tek bir hasta üzerinde kullanılmasını tavsiye etmektedir (118-120).

Bazı araştırmacılar Ni-Ti döner aletleri simülasyon kanallarda 10 defaya kadar kullanılabilirliklerini veya kırılma olmadan dört molar dişi prepare edebildiklerini bildirmişlerdir (121-123).

Kök kanal aletleri elbette kullanım sayısına bağlı olarak plastik deformasyon gösterirler. Bununla birlikte, kök kanalları anatomik olarak hiçbir dişte aynı olmadığından, diğer faktörlerin yanı sıra, kırık oluşumunun kullanım sayısı ile ilgili olduğunu gösteren hiçbir kanıt yoktur. Bu nedenle, Ni-Ti döner aletleri için uygun kullanım sayısına ilişkin genel öneriler vermek oldukça zordur (120, 122).

Endodontik aletlerin fiziksel özellikleri veya yüzey topografisindeki farklılıklar, farklı metal alaşımları ile ve bu eğelerin tasarım özellikleriyle ilişkili olabilir. Ayrıca, Ni-Ti döner aletlerin özelliklerinin ve performansının sterilizasyon prosedürlerinden etkilenebileceği görülmüştür.

Spagnuolo ve ark. (7) 2 farklı eğenin yüzey özellikleri açısından tekrarlayan sterilizasyon döngülerinin ne derece etkili olduğunu inceledikleri bir çalışmada, ProTaper eğesinin 5 ve 10 defa sterilize edilmesiyle anlamlı farklar ortaya çıkmış olsa da, Alpha Kit eğesinin anlamlı değişiklik gösterdiği sterilizasyon sayısı 10 seferdir. Bu durumu eğelerin yüzey kaplamaları, yüzey alaşımları ve bu alaşımların yapısal farklarından kaynaklandığı şeklinde açıklamışlardır.

Bu tez araştırmasında RMS ve Depth değerleri kontrol grupları ile karşılaştırıldığında 5 defa yapılan sterilizasyon d6ngüsü sonucu yzeylerde değişiklik gözlenen eğeler TS, PTX ve TFA'dir. Bu durum, Ni-Ti eğelerin yzeyini kaplayan pasif oksit tabakasında meydana gelmiş olabilecek bir değişiklikle açıklanabilir. Farklı Ni-Ti eğeler üzerinde yapılmış birçok çalışma; otoklav sterilizasyonundan sonra, eğelerin yzeylerinde titanyum oksit tabakasının artması ile nikel içeriğinin azaldığını g6stermiştir ki bu yzey pürüzlülüğünün artışına ve deformasyona neden olmaktadır (107, 124, 125).

HCM eğesi yzeyinde anlamlı bir değişiklik meydana gelmemiştir. Bu sonuç Yılmaz ve ark. (106) oklu sterilizasyon d6ngülerinin Hyflex EDM ve Hyflex CM üzerindeki etkilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında da benzer çıkmıştır. 1,5 ve 10 defa d6ngüye tabi tuttıkları eğeler arasında; Hyflex CM için 1, 5 ve 10 kez yapılan sterilizasyon işlemi eğe yzeyinde anlamlı bir farklılık oluşturmamıştır. Çoğu alışma otoklav sterilizasyonunun CM-Wire alaşımından yapılmış Hyflex CM eğesinin mekanik özelliklerini geri d6nüşümsüz etkilemediğini bildirmiştir (126, 127).

Bu çıkan sonuç HCM eğesinin alaşımın yzeyine termomekanik ısıl işlem uygulanarak üretilmesi ile açıklanabilmektedir. Yzey özellikleri diğer eğelerden farklı olan CM-Wire alaşımından üretilmiş bu eğe için üretici firma tarafından kullanıma bağlı deformite g6sterse bile 134°C de orijinal haline geri d6ndüğü ifade edilmiştir.

Bu araştırmada kullanılan eğelerden HCM eğesinin kontrol grubu, diğer eğelerle karşılaştırıldığında en yüksek yzey pürüzlülüğüne sahiptir. Ancak uygulanan işlemlerden neredeyse hiç etkilenmemiştir ve daha üstün davranış sergilemiştir. PTX ise hemen hemen bütün uygulamalardan etkilenmiştir.

RMS ve Depth değerleri incelendiğinde; tüm gruplar arasında en düşük değer TS eğesinin kontrol grubunda, en yüksek değer ise PTX eğesinin sterilizasyon grubunda gözlenmiştir.

Geçmişten günümüze Ni-Ti eğelerin metalürjilerindeki gelişmeler, eğelerin dayanımlarını, elastikiyetini ve dirençlerini artırmak adına önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Bu tez araştırmasında da güncel metalürjik teknikler kullanılarak üretilen eğelerin irrigasyon solüsyonlarından ve sterilizasyon prosedürlerinden daha az etkilendiği gözlemlenmiştir. Klinik uygulamalarda, eğelerin irrigasyon solüsyonları, sterilizasyon prosedürlerinden etkilenebileceği her zaman göz önünde bulundurularak, beklenmeyen hatalarla karşılaşmamak adına ilave önlemler alınması önerilir.

6. SONUÇ

Bu tez çalışmasında elde ettiğimiz veriler değerlendirildiğinde;

1. İn-vitro şartlar klinik uygulamaları tam olarak yansıtmamaktadır. Ancak, deneyin standardizasyonunu sağlayarak karşılaştırılabilir önemli veriler sağlamaktadır.
2. Ni-Ti alaşımından üretilmiş 4 farklı eğe sistemi karşılaştırıldığında, irrigasyon solüsyonları ile temas etme ve sterilizasyon işlemlerine maruz kalma durumlarında Hyflex CM eğesi -en yüksek yüzey pürüzlülüğüne sahip olmasına rağmen- bu işlemlerin hiçbirinden anlamlı olarak etkilenmeyen tek egedir.
3. RMS ve Depth değerleri incelendiğinde; tüm gruplar arasında en düşük değer TS eğesinin kontrol grubunda, en yüksek değer ise PTX eğesinin sterilizasyon grubunda gözlenmiştir.
4. ProTaper Next eğesi; TF Adaptive, 2Shape ve Hyflex CM eğeleri ile karşılaştırıldığında irrigasyon solüsyonlarından ve tekrarlayan sterilizasyon döngüsünden daha fazla etkilenmiştir.
5. Genel olarak irrigasyon solüsyonları eğeler üzerinde deformasyona neden olmaktadır. Klinik kullanımlarda yüzeyde meydana gelebilecek bozulmalar göz önünde bulundurularak dikkatli olunmalıdır.
6. Buna karşın; MTAD ve EDTA solüsyonları çalışmaya dahil edilen hiçbir eğe grubunun yüzeyinde anlamlı bir bozulmaya neden olmamıştır.
7. Eğe yüzeyleri tekrarlayan sterilizasyon işlemlerinden etkilenmektedir. Eğelerin kaç defa sterilizasyon işlemine maruz kaldığı kaydedilmeli ve tekrarlayan kullanım durumunda göz önünde bulundurulmalıdır.
8. Atomik kuvvet mikroskobu, materyallerin yüzey özelliklerini değerlendirmek için istatistiksel analizi mümkün kılan sayısal veriler sunabilmektedir.
9. Eğelerin yüzey özellikleri konusunda daha fazla bilgiye sahip olmak adına daha fazla araştırmaya gerek duyulmaktadır.

7. KAYNAKÇA

1. Dow PR, Ingle JJ. Isotope determination of root canal failure. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology* 8;1100-4, 1955.
2. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 30;559-567, 2004.
3. Alapati SB, Brantly WA, Svec TA, Powers JM, Nusstein JM, Daehn GS. SEM observations of nickel-titanium rotary endodontic instruments that fractured during clinical use. *J Endod* 31;40-3, 2005.
4. Troian CH, So' MVR, Figueiredo JAP, Oliveria EPM. Deformation and fracture of RaCe and K3 endodontic instruments according to the number of use. *Int Endod* 39;616-25, 2006.
5. Chakka NV, Ratnakar P, Das S, Bagchi A, Sudhir S, Anumula L. Do Ni-Ti instruments show defects before separation? Defects caused by torsional fatigue in hand and rotary nickel-titanium (Ni-Ti) instruments which lead to failure during clinical use. *J Contemp Dent Pract* 13;867-72, 2012.
6. Elamam RF, Capelas JA, Vieira MF Effect of Repeated use on Topographical Features of ProTaper Next Endodontic Rotary File. *J Int Oral Health* 8(4)445-450, 2016.
7. Spagnuolo G, Ametrano G, D'Antò V, Rengo C, Simeone M, Riccitiello F, Amato M. Effect of autoclaving on the surfaces of TiN -coated and conventional nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J* 45(12):1148-55, 2012.
8. Caroline R, Valois A, Luciano P, Azevedo RB. Multiple Autoclave Cycles Affect the Surface of Rotary Nickel-Titanium Files: An Atomic Force Microscopy Study. *J Endod* 34;859-62, 2008.
9. Novoa XR, Martin BB, Varela-Patino P, Collazo A, Macias-Luaces A, Cantatore G, et al. The corrosion of nickel- titanium rotary endodontic instruments in sodium hypochlorite. *Int Endod J* 40;36-44, 2007.
10. Walia H, Brantley WA. Gerstein An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files *J Endod* 14;346-351, 1988.
11. Inan U, Aydın C, Uzun O, Topuz O, Alacam T. Evaluation of the Surface Characteristics of Used and New ProTaper Instruments: An Atomic Force. *Microscopy J Endod.* 33;1334-7, 2007.

12. Brantley WA, Eliades T. *Orthodontic Materials: Scientific and Clinical Aspects*. pp78–100, Stuttgart, Germany, 2000.
13. Thompson SA. An overview of nickel–titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J* 33(4), 297–310, 2000.
14. Hashem AAR, Ghoneim AG, Lutfy RA, Foda MY, Omar GAF. Geometric analysis of root canals prepared by four rotary NiTi shaping systems. *J Endod* 38: 996-1000, 2012.
15. Darendeliler SY. Endodontide kullanılan kök kanal aletleri. *GÜ Dişhek. Fak. Derg* 19(1):51-7, 2002.
16. Weine FS1, Kelly RF, Lio PJ. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod* 1(8):255-62, 1975.
17. West JD, Roane JB, Georig AC. *Cleaning and Shaping the Root Canal system. Pathways of the Pulp*. 6th. Ed. Mosby. St. Louis Missouri 179-218, 1994.
18. Stock CJR, Gulubivala K, Walker RT, Goodman JR. *Colour Atlas and Text at Endodontics*. 2th ed. Mosby-Wolfe London, 1995.
19. Haapasalo M, Shen Y. Evolution of nickel-titanium instruments: from past to future. *Endodontic Topics* 29:3-17, 2013.
20. Liu Y, McCormick PG. Thermodynamic analysis of the martensitic transformation in NiTi-II. Effect of transformation cycling. *Acta Metall Mater* 7:2407-13, 1994.
21. Shen Y, Zhou H-m, Zheng Y-f, Campbell L, Peng B, Haapasalo M. Metallurgical characterization of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 37:1566-71, 2011.
22. Zhou H-m, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng Y-f, Haapasalo M. Mechanical properties of controlled memory and superelastic nickel-titanium wires used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *J Endod* 38:1535-40, 2012.
23. Larsen CM, Watanabe I, Glickman GN, He J. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotary instruments. *J Endod* 35:401-3, 2009.
24. 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. *J Endod* 34:1406-9, 2008.

25. Shen Y, Qian W, Abtin H, Gao Y, Haapasalo M. Effect of environment on fatigue failure of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 38:376-80, 2012.
26. Gao Y, Shotton V, Wilkinson K, Phillips G, Johnson WB. Effects of raw material and rotational speed on the cyclic fatigue of ProFile Vortex rotary instruments. *J Endod* 36:1205-9, 2010.
27. Hou X, Yahata Y, Hayashi Y, Ebihara A, Hanawa T, Suda H. Phase transformation behaviour and bending property of twisted nickel–titanium endodontic instruments. *Int Endod J* 44:253-8, 2011.
28. Gambarini G, Gerosa R, De Luca M, Garala M, Testarelli L. Mechanical properties of a new and improved nickel-titanium alloy for endodontic use: an evaluation of file flexibility. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 105:798-800, 2008.
29. Liaw Y-C, Su Y-YM, Lai Y-L, Lee S-Y. Stiffness and frictional resistance of a superelastic nickel-titanium orthodontic wire with low-stress hysteresis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 131:578, 2007.
30. Gambarini G, Grande NM, Plotino G, Somma F, Garala M, De Luca M, et al. Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel-titanium instruments produced by new manufacturing methods. *J Endod* 34:1003-5, 2008.
31. Kim HC, Yum J, Hur B, Cheung GS-P. Cyclic fatigue and fracture characteristics of ground and twisted nickel-titanium rotary files. *J Endod* 36:147-52, 2010.
32. Gavini G, Santos MD, Caldeira CL, Machado MEL, Freire LG, Iglecias EF, Peters OA, Candeiro GTM. Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz Oral Res* 18;32:e67, 2018.
33. Capar ID, Ertas H, Arslan H. Comparison of cyclic fatigue resistance of nickel-titanium coronal flaring instruments. *J Endod* 40(8):1182-5, 2014.
34. Ataya M, Ha JH, Kwak SW, Abu-Tahun IH, El Abed R, Kim HC. Mechanical Properties of Orifice Preflaring Nickel-titanium Rotary Instrument Heat Treated Using T-Wire Technology. *J Endod* 44(12):1867-1871, 2018.
35. Stokes OW, Fiore PM, Barss JT, Koerber A, Gilbert JL, Lautenschlager EP. Corrosion in Stainless-Steel and Nickel Titanium Files. *J. Endod* 25:17-20, 1999.

36. Hilt B. Torsional Properties of Stainless- Steel and Nickel Titanium Files After Multiple Sterilizations. University of Florida Collage of Denstry Graduate Thesis, 1996.
37. Schaefer E, Verschiedener A. Sterilistionverfahren Auf Schneideleistung von Wurzelkanalinstrumenten. Dtsch Zahnaerztl Z. 50(26):150-153, 1995.
38. Rapisarda E, Bonaccorso A, Tripi TR, Condorelli GG. Effect on Sterilization on the Cutting Efficiensy of Rotary Ni-Ti Endodontic Files, Oral Surg Oral Med Oral Pathol 88:343-347, 1999.
39. Haikel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, Allemann C. Dynamic and cyclic fatigue of enginedriven rotary nickel-titanium endodontic instruments. J. Endod 25:434-440, 1999.
40. Li UM, Lee BS, Shih CT, Lan WH, Lin CP. Cyclic fatigue of endodontic nickel titanium rotary instruments: static and dynamic tests. J. Endod 28:448-451, 2002.
41. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. J. Endod 23:77-85, 1997.
42. Cheung GS. Instrument fracture: mechanisms, removal of fragments, and clinical outcomes. Endodontic Topics 16:1-26, 2007.
43. Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. J. Endod 32:1031-1043, 2006.
44. Bürklein S, Mayhey D, Scafer E. Shaping ability of Protaper NEXT and BT-RaCe nickel-titanium instruments in severly curved root canals. Int Endod J 48:774-81, 2015.
45. Koçak MM, Çicek E., Koçak S, Sağlam BC, Yılmaz N. Apical extrusion of debris using Protaper Universal and Protaper Next rotary systems. Int Endod J 48:283-9, 2015.
46. DentsplyMaillefer, 2013. Protaper Next DentsplyMaillefer. Available at:<http://www.protapernext.com/> [Accessed Jan 9, 2019].
47. Akbulut MB, Akman M, Terlemez A, Magat G, Sener S, Sheety H. Efficacy of Twisted file Adaptive, Resiprocal and Protaper Universal Retreatment instruments for root-canal-filling removal: A cone-beam computed tomography study. Dent Mater J 35(1):126-131, 2016.

48. Gambarini G, Testarelli L, De Luca M, Milana V, Plotino G, Grande NM, et al. The influence of three different instrumentation techniques on the incidence of postoperative pain after endodontic treatment. *Ann Stomatol (Roma)* 4(1):152-5, 2013.
49. Özyürek T, Demiryürek EÖ. Farklı Nikel Titanyum Döner Eğe Sistemleri ile Şekillendirme Sonrası Görülen Dentin Defekti İnsidansı. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci* 23(2):83-8, 2017.
50. Bürklein S, Hiller C, Huda M, Schäfer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of Mtwo versus coated and uncoated EasyShape instruments in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J* 44:447-57, 2011.
51. Shen Y, Zhou H-m, Zheng Y-f, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod* 39:163-72, 2013.
52. Twisted file adaptive system. 2019. [website] Available from: http://axis.sybronendo.com/tfadaptive_confidence. [cited Jan .2019].
53. Gutmann JL, Gao Y. Alteration in the inherent metallic and surface properties of nickel–titanium root canal instruments to enhance performance, durability and safety: a focused review. *Int Endod J* 45(2):113–28, 2012.
54. Testarelli L, Plotino G, Al- Sudani D. Bending properties of a new nickel–titanium alloy with a lower percent by weight of nickel. *J Endod* 37(9):1293-5, 2011.
55. Bürklein S, Börjes L, Schäfer E. Comparison of preparation of curved root canals with HyFlex CM and Revo-S rotary nickel-titanium instruments. *Int Endod J* 47:470-476, 2014.
56. Braga LCM, Faria Silva AC, Buono VTL, de Azevedo Bahia MG. Impact of Heat Treatments on the Fatigue Resistance of Different Rotary Nickel-titanium Instruments. *J Endod* 40(9):1494–7, 2014.
57. HyFlex CM brochure. (Hyflex CM; Coltene/Whaledent Gmb H + Co. KG, 2015. Langenau, Germany. Available at: https://www.coltene.com/fileadmin/Data/EN/Products/Endodontics/RootCanal_Shaping/HyFlex_EDM/6846_09-15_HyFlex_EN.pdf.)

58. Özyürek T, Gündoğar M, Uslu G, Yılmaz K, Staffoli S, Grande N, Plotino G, Polimeni A. Cyclic fatigue resistances of Hyflex EDM, WaveOne gold, Reciproc blue and 2shape NiTi rotary files in different artificial canals. *Odontology* 106:408–13, 2018.
59. Gavini G, Santos MD, Caldeira CL, Machado MEL, Freire LG, Iglecias EF, Peters OA, Candeiro GTM. Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz Oral Res* 18;32:e67, 2018.
60. Two Shape brochure. TS; Micro Mega, Besancon, France;2019. Available at: http://micromega.com/en/wpcontent/uploads/2017/03/Brochure_2Shape_EN1.pdf, 2019.
61. Çalışkan MK. Endodontide Tanı ve Tedaviler. Kök kanallarının irrigasyonu 316. Nobel Tıp Kitapevi; İstanbul, Türkiye, 2006.
62. Yıldırım C. Kök Kanal İrrigasyonunda Güncel Yaklaşımlar. *Gülhane Tıp Derg* 54:178-182, 2012.
63. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod* 32:389–390, 2006.
64. Eddy RS, Joyce AP, Roberts S, Buxton TB, Liewehr F. An In Vitro Evaluation of the Antibacterial Efficacy of Chlorine Dioxide on *E. faecalis* in Bovine Incisors. *J Endod* 31: 672-75, 2005.
65. Dunavant TR, Regan JD, Glickman GN, Solomon ES, Honeyman AL. Comparative Evaluation of Endodontic Irrigants against *Enterococcus faecalis* Biofilms. *J Endod* 32:527-31, 2006.
66. Murray PE, Farber RM, Namerow KN, Kuttler S, Garcia-Godoy F. Evaluation of *Morinda citrifolia* as an endodontic irrigant. *J Endod* 34:66-70, 2008.
67. Alaçam T. Endodonti. Bölüm 12, Barış Yayınları; Ankara, Türkiye, 2000.
68. Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in end-odontic therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 55: 307-312, 1983.
69. Kaufman AY, Greenberg I. Comparative study of the configuration and cleanliness level of root canals prepared with the aid of sodium hypochlorite and bisdequalinium-acetate solutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 162: 191-7, 1986.

70. Sundqvist G, Figdor D. Endodontic treatment of apical periodontitis. In: Orstavik D and Pitt Ford TR, editors. *Essential Endodontology*. Oxford: Blackwell Science; 1998.
71. Wesselink P, Bergenholtz G. Treatment of the necrotic pulp. In: Bergenholtz G, et al. Editors. *Text Book of Endodontology*. Oxford: Blackwell Munksgaard, 2003.
72. Johnson B, Remeikis N Effective shelf-life of prepared sodium hypochlorite *J Endod* 19(1):40-3, 1993.
73. Moorer WR, Wesselink PR. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int. Endod J* 15, 187-96,1982
74. Dakin HD. On the use of certain antiseptic substances in the treatment of infected wounds. *Br Med J* 1:160-2; 1916.
75. Hülsman M, Hahn W. Complications during root canal irrigation-literature review and case reports. *Int Endod J* 33: 186-193, 2000.
76. Berman L, Hargreaves KM. *Cohen's Pathways of the Pulp Expert Consult- 11th Edition* – Elsevier, 2015.
77. Yoshida T, Shibata T, Shinohara T, Gomyo S, Sekine I. Clinical evaluation of the efficacy of EDTA solution as an endodontic irrigant. *J Endod* 21:592–3, 1995.
78. Hülsman M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J* 36,810-30, 2003.
79. Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *Int Endod J* 36:411, 2003.
80. Düzgün S, Topçuoğlu HS, Akpek F, Topçuoğlu F, Uluşan Ö, Aktı A. Atatürk Üniv. Diş Hek Fak Derg. *J Dent Fac Atatürk* 27(2):94-9, 2017.
81. Stojicic S, Shen Y, Qian W, Johnson B, Haapasalo M. Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX. *Int Endod J* 45:363–71, 2012.
82. Bui TB, Baumgartner JC, Mitchell JC. Evaluation of the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate and its effect on root dentin. *J Endod* 34:181-5, 2008.
83. Torabinejad M, Shabahang S, Apicco RM, Kettering JD. The antimicrobial effect of MTAD: an in vitro investigation. *J Endod* 29: 400-3, 2003.

84. Torabinejad M, Cho Y, Khademi AA, Bakland LK, Shabahang S. The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. *J Endod* 29: 233–239, 2003.
85. Tay FR, Hiraishi N, Schuster GS, Pashley DH, Loushine RJ, Ounsi HF, Grandini S, Yau JY, Mazzoni A, Donnelly A, King NM. Reduction in antimicrobial substantivity of MTAD after initial sodium hypochlorite irrigation. *J Endod* 32:970-5, 2006.
86. Clegg MS, Vertucci FJ, Walker C, Belanger M, Britto LR. The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *J Endod* 32:434-7, 2006.
87. Ruff ML, McClanahan SB, Babel BS. In vitro antifungal efficacy of four irrigants as a final rinse. *J Endod* 32:331-3, 2006.
88. Koçlu GA. Farklı irrigasyon solüsyonlarının antifungal ve yumusak dokudaki histopatolojik etkilerinin incelenmesi. Gazi Üniversitesi, Doktora tezi, 2007.
89. Beltz RE, Torabinejad M, Pouresmail M. Quantitative analysis of the solubilizing action of MTAD, sodium hypochlorite, and EDTA on bovine pulp and dentin. *J Endod*. 29:334-7, 2003.
90. Mozayeni MA, Javaheri GH, Poorroosta P, Ashari MA, Javaheri HH. Effect of 17% EDTA and MTAD on intracanal smear layer removal: a scanning electron microscopic study. *Aust Endod J* 35:13-720-9.
91. Stereomicroscope Brochure: Nikon. Introduction to Stereomicroscopy. New York, USA, 2019. (Available at: <https://www.microscopyu.com/techniques/stereomicroscopy/introduction-to-stereomicroscopy>)
92. Murr LE. Imaging systems and materials characterization. *Materials Characterization* 60: 397-414, 2009.
93. Jalili, N, Laxminarayana K. A review of atomic force microscopy imaging systems: application to molecular metrology and biological sciences. *Mechatronics* 14(8), 907–945, 2004.
94. Benjamin FT, Raymond T J. Diagnostic Electron Microscopy. John Wiley and Sons, Inc. New York, 1978.
95. Hayat M A. Principles and Techniques of Scanning Electron Microscopy. Litton Educational Publishing, Inc. New York, 1978.
96. Cora S. Ultrasonik ve Sonik Sistemlerin Kök Kanalında Biyomekanik Preparasyon Amaçlı Kullanımı. *Türkiye Klinikleri J Endod-Special Topics* 3(2):100-5, 2017.

97. 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 Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 105(5):661-5, 2008.
98. Ametrano G, D'Antò V, Di Caprio MP, Simeone M, Rengo S, Spagnuolo G. Effects of sodium hypochlorite and ethylenediaminetetraacetic acid on rotary nickel-titanium instruments evaluated using atomic force microscopy. *Int Endod J* 44(3):203-9, 2011.
99. Valois CR, Silva LP, Azevedo RB. Multiple autoclave cycles affect the surface of rotary nickel-titanium files: an atomic force microscopy study. *J Endod* 34(7):859-62, 2008.
100. Sağlam BC, Görgül G. Evaluation of Surface Alterations in Different Retreatment Nickel- Titanium Files: AFM and SEM Study. *Microsc Res Tech.* 78:356-362, 2015.
101. Razavian H, Iranmanesh P, Mojtahedi H, Nazeri R. Effect of Autoclave Cycles on Surface Characteristics of S-File Evaluated by Scanning Electron Microscopy. *Iran Endod J* 11(1):29-32, 2016.
102. Cazaux J Recent developments and new strategies in scanning electron microscopy. *Journal of Microscopy* 217:16–35, 2005.
103. Braga PC, Ricci D. *Methods in molecular biology.* pp3-39. Humana Pres, New Jersey, 2004.
104. Valois CRA, Silva LP, Azevedo RB. Atomic force microscopy study of stainless steel and nickel-titanium files. *J Endod* 31(12):882–5, 2005.
105. Forner L, Salmerón-Sánchez M, Palomares M, Llena C, Amengual J. The use of atomic force microscopy in determining the stiffness and adhesion force of human dentin after exposure to bleaching agents. *J Endod* 35(10):1384-6, 2009.
106. Yılmaz K, Uslu G, Özyürek T. Effect of multiple autoclave cycles on the surface roughness of HyFlex CM and HyFlex EDM files: an atomic force microscopy study. *Clin Oral Investig* 22(9):2975-80, 2018.
107. Nair AS, Tilakchand M, Naik BD. The effect of multiple autoclave cycles on the surface of rotary nickel-titanium endodontic files: An in vitro atomic force microscopy investigation. *J Conserv Dent* 18(3):218-22, 2015.

108. Kirchoff AL, Fariniuk LF, Mello I. Apical extrusion of debris in flat-oval root canals after using different instrumentation systems. *J Endod.* 41(2):237-41, 2015.
109. Capar ID, Arslan H, Akcay M, Ertas H. An in vitro comparison of apically extruded debris and instrumentation times with ProTaper Universal, ProTaper Next, Twisted File Adaptive, and HyFlex instruments. *J Endod.* 40(10):1638-41, 2014.
110. Marks Duarte P, Barcellos da Silva P, Alcalde MP, Vivian RR, Rosa RAD, Duarte MAH, Só MVR Canal Transportation, Centering Ability, and Cyclic Fatigue Promoted by Twisted File Adaptive and Navigator EVO Instruments at Different Motions. *J Endod* 44(9):1425-1429, 2018.
111. Sen OG, Bilgin B, Koçak S, Sağlam BC, Koçak MM. Evaluation of Apically Extruded Debris Using Continuous Rotation, Reciprocation, or Adaptive Motion. *Braz Dent J* 29(3):245-248, 2018.
112. Uslu G, Özyürek T, Gündoğar M, Yılmaz K. Cyclic fatigue resistance of 2Shape, Twisted File and EndoSequence Xpress nickel-titanium rotary files at intracanal temperature. *J Dent Res Clin Dent Prospects.* 12(4):283-287, 2018.
113. Shenoj PR, Luniya DA, Badole GP, Makade CS, Kubde R, Khode RT. Comparative evaluation of shaping ability of V-Taper 2H, ProTaper Next, and HyFlex CM in curved canals using cone-beam computed tomography: An in vitro Study. *Indian J Dent Res.* 28(2):181-186, 2017.
114. Fayyad DM, Mahran AH. Atomic force microscopic evaluation of nanostructure alterations of rotary NiTi instruments after immersion in irrigating solutions. *Int Endod J* 47(6):567-73, 2014.
115. Sağlam BC, Koçak S, Koçak MM, Topuz O. Effects of irrigation solutions on the surface of ProTaper instruments: a microscopy study. *Microsc Res Tech* 75(11):1534-8, 2012.
116. Cai JJ, Tang XN, Ge JY. Effect of irrigation on surface roughness and fatigue resistance of controlled memory wire nickel-titanium instruments. *Int Endod J* Jul;50(7):718-724, 2017.
117. Uslu G, Özyürek T, Yılmaz K. Effect of Sodium Hypochlorite and EDTA on Surface Roughness of HyFlex CM and HyFlex EDM Files. *Microsc Res Tech* 81(12):1406-1411, 2018.
118. Sonntag D, Peters O. Effect of prion decontamination protocols on nickel-titanium rotary surfaces. *J Endod* 33:442-6, 2007.

119. Arens FC, Hoen MM, Steiman HR, Dietz GC Jr. Evaluation of single-use rotary nickel–titanium instruments. *J Endod* 29, 664–6, 2003.
120. Shen Y, Coil JM, McLean AG, Hemerling DL, Haapasalo M. Defects in nickel–titanium instruments after clinical use Part 5: single use from endodontic specialty practices. *J Endod* 35, 1363–7, 2009.
121. Yared G, Bou Dagher FE, Machtou P. Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after simulated clinical use. *Int Endod J* 32, 115–9, 1999.
122. Parashos P, Gordon I, Messer HH. Factors influencing defects of rotary nickel–titanium endodontic instruments after clinical use. *J Endod* 30, 722–5, 2004.
123. Peters OA, Barbakow F. Dynamic torque and apical forces of ProFile .04 rotary instruments during preparation of curved canals. *Int Endod J* 35, 379–89, 2002.
124. King JB, Roberts HW, Bergeron BE, Mayerchak MJ. The effect of autoclaving on torsional moment of two nickel-titanium endodontic files. *Int Endod J* 45:156–61, 2012.
125. Alexandrou G, Chrissafis K, Vasiliadis L, Pavlidou E, Polychroniadis EK. Effect of heat sterilization on surface characteristics and microstructure of Mani NRT rotary nickel-titanium instruments. *Int Endod J* 39:770–8, 2006.
126. Zhao D, Shen Y, Peng B, Haapasalo M. Effect of autoclave sterilization on the cyclic fatigue resistance of thermally treated nickel–titanium instruments. *Int Endod J* 49:990–995, 2015.
127. Seago ST, Bergeron BE, Kirkpatrick TC, Roberts MD, Roberts HW, Himel VT, Sabey KA. Effect of repeated simulated clinical use and sterilization on the cutting efficiency and flexibility of Hyflex CM nickel-titanium rotary files. *J Endod* 41:725–728, 2015.

8. ÖZGEÇMİŞ

20.06.1988 tarihinde Zonguldak'ta doğdum. İlk ve orta okul eğitimimi TED Zonguldak Koleji Vakfı Özel İlköğretim okulunda tamamladıktan sonra, 2005 yılında Zonguldak Fen Lisesi'nden mezun oldum. Lisans eğitimimi 2005-2011 yılları arasında Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde tamamladım. 2013 yılında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladım. 2014 yılında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü ve Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü'nün ortak yürüttüğü Endodonti Anabilim Dalı doktora programına başladım. Evli ve bir çocuk annesiyim.

