

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
DIŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

FARKLI RESİPROKAL HAREKETLİ NİKEL
TİTANYUM EĞE SİSTEMLERİ İLE APİKALDEN
TAŞAN DEBRİS MİKTARININ İNCELENMESİ

Dt. Abdullah BAŞOĞLU

DIŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Alper KUŞTARCI

2023-ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

FARKLI RESİPROKAL HAREKETLİ NİKEL
TİTANYUM EĞE SİSTEMLERİ İLE APİKALDEN
TAŞAN DEBRİS MİKTARININ İNCELENMESİ

Dt. Abdullah BAŞOĞLU

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Alper KUŞTARCI

Bu tez AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ tarafından TDH-2023-6194 proje numarası ile desteklenmiştir.

2023-ANTALYA

ONAY SAYFASI

Abdullah BAŞOĞLU tarafından sunulan bu çalışma jürimiz tarafından **oy birliği/oy çokluğu** ile Endodonti Anabilim Dalında Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir. .../...../.....

İmza

Üye	: Prof. Dr. Alper KUŞTARCI (Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı)	
Üye	: Prof. Dr. Kürşat ER (Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı)	
Üye	: Doç. Dr. Damla KIRICI (Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı)	

Bu tez,/...../..... tarih ve/..... sayılı Yönetim Kurulu kararıyla belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Diş Hekimliği Fakültesi

Kurum Yöneticisi

ETİK BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı beyan ederim.

Abdullah BAŞOĞLU

İmza

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Alper KUŞTARCI

İmza

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tezi aşamasında, akademik ve klinik anlamda bilgi ve tecrübeleriyle çalışmalarımda emeği olan, gerekli tüm imkân ve olanakları sağlayan, tez danışmanım, değerli hocam Prof. Dr. Alper KUŞTARCI'ya, uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, sayın Prof. Dr. Kürşat ER, Doç. Dr. Öznur GÜÇLÜER ve Doç. Dr. Damla KIRICI'ya teşekkürlerimi sunarım. Geçen üç yıllık asistanlık sürecinde hayatıma çok daha önce dahil olan ve bir kardeşten farkı olmayan, aynı zamanda çalışma arkadaşım olmasından mutluluk duyduğum Mustafa Ercan TURGAY'a,

Asistanlığımın başından itibaren bütün klinik ve teorik tecrübelerini bana aktaran Uzm. Dt. Simay KOÇ DEVECİ ve Uzm. Dr. Hatice HARORLI'ya ve klinikte birlikte mesai harcadığım bütün çalışma arkadaşlarıma ve klinik personeline,

Hayat mücadelemın başından bugünlere kadar beni her anlamda destekleyen ve bugünlere gelmemde en çok emeği olan değerli aile üyelerimden başta babam Cevat BAŞOĞLU'na, annem Ayşe BAŞOĞLU'na ve kardeşlerim Ezgi BAŞOĞLU ve Hayriye BAŞOĞLU'na,

Bu hayattaki en büyük şansım olan ve ömrümün sonuna kadar desteğini arkamda hissedeceğim sevgili eşim Ünzile BAŞOĞLU'na yürekten teşekkür ediyorum.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, farklı resiprokal hareketli nikel titanium (NiTi) eğe sistemleri ile apikaldan taşan debris miktarının incelenmesidir.

Yöntem: Bu çalışma için 80 adet tek kök tek kanal yapısına sahip diş kullanıldı ve dişler 4 ana gruba ayrıldı (n:20). Dişler birinci grupta WaveOne Gold (WOG), ikinci grupta One RECI (OR), üçüncü grupta T-Endo Must (TEM) ve dördüncü grupta el eğesi ile prepare edildi. Prepare edilen dişlerden taşan debris, daha önce ağırlıkları hassas terazide tartılan eppendorf tüplerinde toplandı ve tüpteki suyun buharlaşması için 37 °C’de 14 gün bekletildi. Kalan debris hassas terazide ölçüldü. Tüpün önceden ölçülen boş ağırlığından çıkarılarak taşan debris miktarı belirlendi. Mann-Whitney U testi yapılarak taşan debrislerin gruplar arası analizi yapıldı. Anlamlılık düzeyi $P<0,05$ olarak kabul edildi.

Bulgular: Tüm eğeler arasında en fazla debris taşması el eğesiyle prepare edilen Grup 4’te meydana geldi. Grup 3’te bulunan TEM eğesi, Grup 1 ve Grup 2’deki WOG ve OR eğelerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla debris taşıdı ($p<0,05$). Grup 1 ve Grup 2’deki WOG ve OR eğeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p>0,05$).

Sonuç: Tüm eğe sistemleri preparasyon sırasında debris taşmasına neden oldu. Test edilen tüm gruplarda en az debris taşması Grup 2’deki OR eğesinde gözlemlendi

Anahtar Kelimeler: debris taşması, Niti eğe, resiprokal

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to examine the amount of apically extruded debris with different reciprocating nickel titanium (NiTi) file systems.

Material and Methods: For this study, 80 teeth with single root and single canal structure were used and the teeth were divided into 4 main groups (n:20). The teeth were prepared with WaveOne Gold (WOG) in the first group, One RECI (OR) in the second group, T-Endo Must (TEM) in the third group and using hand files in the fourth group. Apically extruded debris from the prepared teeth was collected in eppendorf tubes, which were weighed on precision scales, and kept at 37 °C for 14 days to evaporate the water in the tube. The remaining debris was measured on a precision scale. The amount of extruded debris was measured by subtracting from the previously measured empty weight of the tube. Intergroup analysis of extruded debris was performed using the Mann-Whitney U test. Significance level was accepted as $P < 0.05$.

Results: Among all groups, uttermost extruded debris was acquired in Group 4, which was prepared using hand files. The TEM file in Group 3 extruded statistically more debris than the WOG and OR files in Group 1 and Group 2 ($p < 0.05$). There was no statistically significant difference between WOG and OR files in Group 1 and Group 2 ($p > 0.05$).

Conclusion: All file systems extruded debris during preparation. The least extrusion of debris was observed in the OR file in Group 2 in all groups.

Keywords: debris extrusion, Niti file, reciprocating motion

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLolar DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kök Kanal Tedavisi	3
2.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi	3
2.3. Kök Kanal Preparasyonunda Kullanılan Teknikler	5
2.3.1. El Eğesi ile Yapılan Preparasyon	5
2.3.2. Döner Eğe Sistemleri ile Yapılan Preparasyon	6
2.4. Kök Kanal Preparasyonunda Kullanılan Eğelerin Özellikleri ve Gelişim Süreçleri	7
2.5. Niti Eğelerin Performans ve Karakteristik Özelliklerini Belirleyen Teknik ve Terimsel Bilgiler	10
2.5.1. Helikal kanal açısı ve Eğimi	10
2.5.2. Kesme kenarı, Kesme açısı ve Radyal alan	10
2.5.3. Enine Kesit Şekli	14
2.5.4. Kesme Kenarı, Kesme Açısı ve Radyal Alan	14
2.6. Üretim veya Yüzey İşlemlerinde İyileştirme	15
2.6.1. Büküm İmalatı	16
2.6.2. Elektropolisaj	16
2.6.3. Elektriksel Deşarj İşleme	16
2.7. NiTi Alaşımının Metalurjik Gelişimi	17
2.7.1. M-wire	17
2.7.2. R-fazı	17
2.7.3. CM-wire	18

2.7.4. Blue Wire ve Gold Wire	18
2.7.5. Max-wire	18
2.8.Niti Döner Eğelerin Hareket Çeşitleri	19
2.8.1. Rotasyon Hareketi	19
2.8.2. Resiprokal Hareket	19
2.9.Çalışmada Kullanılan NiTi Döner Eğeler	20
2.9.1. WaveOne Gold	20
2.9.2. One RECI	22
2.9.3. T-Endo Must	23
2.10. Kök Kanal Preparasyonu Sırasında Apikalden Debris Taşması	23
2.11. Apikalden Taşan Debris Miktarını Etkileyen Faktörler	24
2.11.1. Çalışma Boyu	24
2.11.2.Apikal Çap ve Açıklık	25
2.11.3. İrrigasyon Yöntemi	25
2.11.4. Kanal Eğesinin Şekli ve Kinematığı	26
3.GEREÇ ve YÖNTEM	27
3.1. Etik Kurul Onayı	27
3.2. Deney Düzenekinin Oluşturulması	28
3.3. Grupların Oluşturulması ve Kanalların Şekillendirilmesi	29
3.4. Verilerin İstatistiksel Analizi	35
4. BULGULAR	36
5. TARTIŞMA	38
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	46
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	54

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2. 1. NiTi eğelerinin geliştirme ve temsili sistemleri.....	13
--	-----------

Tablo 4. 1. Taşan debris miktarlarının gruplara göre ortalama değerleri ve standart sapması	36
---	----



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1. Apikal bölgenin anatomisi ⁽²⁷⁾	4
Şekil 2. 2. Kesme açıları	11
Şekil 2. 3. WOG eğe sistemi enine kesiti ⁽⁷⁶⁾	20
Şekil 2. 4. WOG Small, Primary, Medium, Large ⁽⁷⁶⁾	21
Şekil 2. 5. WOG Primary ⁽⁷⁶⁾	21
Şekil 2. 6. OR eğesinin enine kesiti	22
Şekil 2. 7. OR eğeleri	22
Şekil 2. 8. OR eğeleri	23
Şekil 3. 1. Dişlerin Seçimi	28
Şekil 3. 2. Deney Düzenegi	29
Şekil 3. 3. Çalışmada kullanılan TEM eğe sistemi ve çalıştığı program	30
Şekil 3. 4. Çalışmada kullanılan OR eğe sistemi ve çalıştığı program	31
Şekil 3. 5. Çalışmada kullanılan WOG eğe sistemi ve çalıştığı program	32
Şekil 3. 6. Çalışmada kullanılan K- ve H-tipi eğeler	33
Şekil 3. 7. Örneklerin inkübatöre koyulması	34
Şekil 3. 8. Hassas Terazî	34
Şekil 3. 9. Sıvı buharlaştıktan sonra kalan debris	35
Şekil 4. 1. Taşan debris miktarının gruplara göre grafiksel olarak dağılımı	37

SİMGELER ve KISALTMALAR

WOG: WaveOne Gold

TEM: T-Endo Must

OR: RECI

PTU: ProTaper Universal

PTN: ProTaper Next

PTG: ProTaper Gold

TF: Twisted File

TFA: Twisted File Adaptive

RS: Revo S

WO: WaveOne

H tipi eğe: Hedstrom eğe

SAF: Self Adjusting File

ÇB: Çalışma boyu

NiTi: Nikel Titanyum

SYT: Saat yönünün tersi

NaOCl: Sodyum Hipoklorit

3B: Üç Boyutlu

MO: Mikroorganizma

mm: Milimetre

CW: Saat yönü

CCW: Saat yönünün tersi

1. GİRİŞ

Cerrahi olmayan kök kanal tedavisinin amacı apikal periodontitisi önlemek veya tedavi etmektir ve endodonti adına önemli bir yere sahiptir. Tedavinin başından son anına kadar tedaviyi geliştirmek adına çeşitli çalışmalar yapılmıştır. ⁽¹⁾ Ancak, kök kanallarının preparasyonu sırasında dentin ve pulpa doku artıkları, mikroorganizmalar (MO) ve irrigasyon solüsyonları periradiküler ortama taşabilir ve bu da tedavi sonrasında bazı komplikasyonlara yol açabilir. ⁽²⁾ Bu nedenle kök kanalları şekillendirilirken kök kanalının orijinal anatomisine sadık kalmak kritik öneme sahiptir. Yapılan birçok çalışmada ⁽³⁻⁶⁾ paslanmaz çelik eğelerin şekillendirme esnasında çalışma boyu kaybı, apikal transportasyon ve basamak oluşumu gibi komplikasyonlara neden olduğu gösterilmiştir. Günümüzde çoğunlukla kullanılan nikel titanyum (NiTi) döner ege sistemleri; daha elastik olmaları nedeniyle bu tür komplikasyonların önlenmesinde fayda sağlamış, ⁽⁷⁾ ayrıca şekillendirmenin daha kısa sürede tamamlanmasıyla hekim ve hastalara zaman kazandırmıştır. ^(8, 9) NiTi eğelerin tanıtılmasından sonra hem ege tasarımı hem de alaşım özellikleri açısından önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Resiprokal hareket yapan tek ege sistemleri de bu gelişmelerin bir ürünüdür. Resiprokal hareketle çalışan eğelerin, sürekli dönme hareketi yapan ege sistemlerine üstünlük sağladığı öne sürülse de yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Bu da her ege sisteminin avantaj ve dezavantajları olduğunu göstermektedir. ⁽¹⁰⁾

Kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında kullanılan preparasyon sisteminin kesitsel tasarımı, şekillendirme yeteneği, kinematığı, uç boyutu ve konikliği apikalden taşan debris miktarını etkilemektedir. ⁽¹¹⁾ Yapılan çalışmalarda ⁽¹²⁻¹⁶⁾ tüm preparasyon tekniklerinin ve ege sistemlerinin çeşitli miktarlarda debrisin apikal foramen aracılığıyla periradiküler dokulara taşmasına neden olduğu, ancak el egesi tekniği ile karşılaştırıldığında motorla kullanılan döner NiTi ege sistemlerinde debrisin daha az taşıdığı ortaya konmuştur. Farklı resiprokal tek eğeli enstrümantasyon sistemlerinin tanıtılmasıyla birlikte, bu enstrümanların kök kanal hazırlığı sırasındaki davranışlarını analiz etmek önemlidir ve bilimsel kanıtın eksik olduğu bir hususta, taşan debris miktarıdır. ⁽¹⁷⁾

Bu çalışmada son zamanlarda geliştirilmiş olan ve performansları hakkında yeterli literatür bilgisi olmayan resiprokal hareketli döner eğe sistemleri One RECI (OR) (25/04 MicroMega, Besançon, Fransa) ve T-Endo Must (TEM) (25/06 Dentac, İstanbul, Türkiye) ile daha önce literatürde birçok çalışması ^(18, 19) olan ve başarılı sonuçlar sunan resiprokal hareketli eğe sistemi WaveOne Gold (WOG) (25/07 Dentsply Sirona, Bellaigues, İsviçre) ve el eğelerinin kök kanal preparasyonu sırasında apikalden taşan debris miktarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök Kanal Tedavisi

Endodontik tedavi, vital ve nekrotik diş pulpalarının tedavisini içerir, böylece hastalar doğal dişlerini fonksiyon ve estetikte tutabilirler. Başarılı tedavi birçok faktöre bağlı olsa da herhangi bir kök kanal tedavisindeki en önemli adımlardan biri kanal hazırlığıdır. Bu önemlidir, çünkü preparasyon sonrası tüm prosedürlerin etkinliğini belirler ve mekanik debridman, medikamanın kanal içerisine homojen bir şekilde ulaşması ve obturasyon için optimize monoblok yapıyı sağlar. ⁽²⁰⁾ Endodontik tedavinin başarısı, doğru teşhise, kök kanallarının etkili bir şekilde temizlenmesine, şekillendirilmesine, dezenfeksiyonuna, apikal ve koronalden sıkı tıkama sağlayacak bir biçimde doldurulmasına bağlıdır. ⁽²¹⁾ Bu kriterler dikkate alınarak tedavinin başından son anına kadar bütün aşamalara dikkat edilip belirlenen teknik ve protokollere göre hareket edilmelidir.

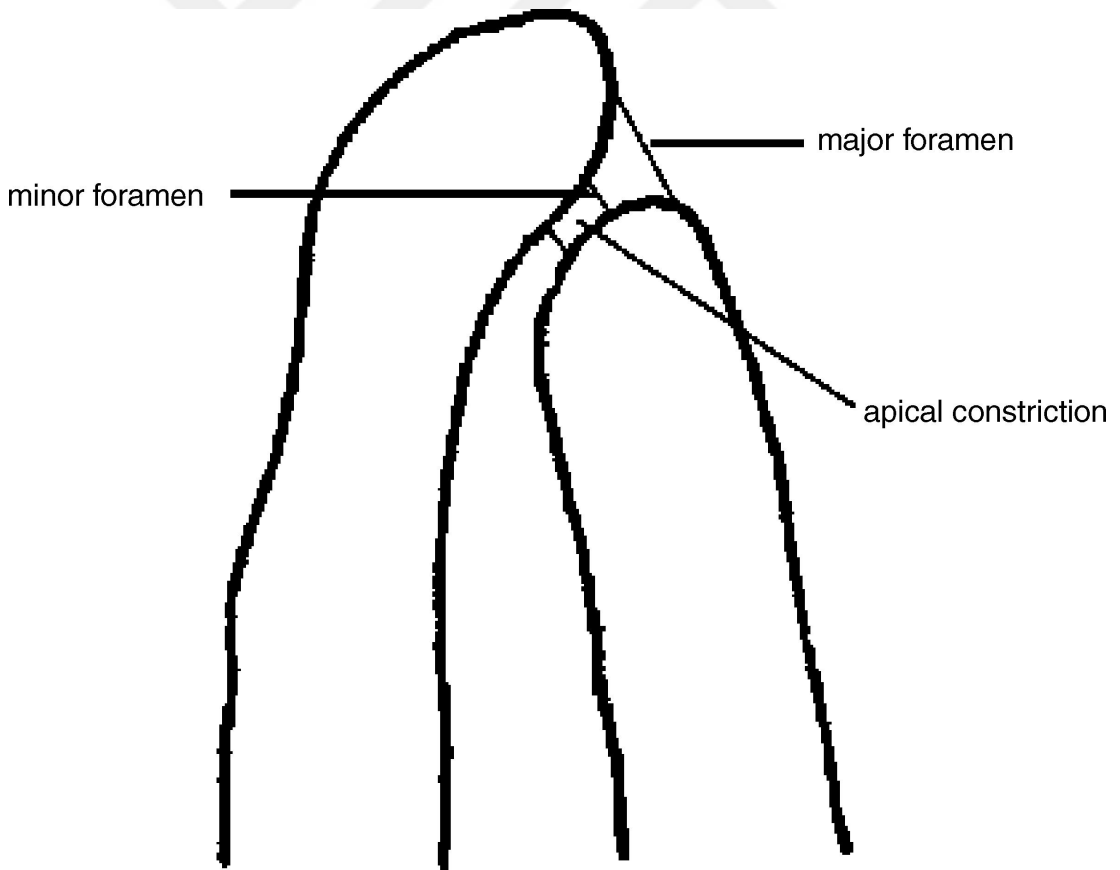
2.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Kök kanal tedavisi sistemden MO'ları uzaklaştırmayı ve dişlerin yeniden enfekte olmamasını amaçlamaktadır. ⁽²²⁾ Bu amaç doğrultusunda başarıyı etkileyen belli başlı kriterler vardır. ⁽²³⁾

- Operasyon öncesi lezyon varlığı
- Hermetik bir tıkama
- Radyolojik apekten 1 mm kısa olacak şekilde uzanan kök kanal dolgusu
- Koronal restorasyon

İlk madde dışındaki kriterler operatörün kontrolü altında olan ve dikkat etmesi gereken kriterlerdir. Başarılı bir kök kanal tedavisine ulaşmak için tedavinin en önemli aşamalarından birisi de kök kanallarının mekanik olarak şekillendirilmesidir. Mekanik şekillendirme, kanal içi medikamentlerin ve irrigasyon solüsyonlarının kanal içerisine etkili ve homojen biçimde dağılmasını sağlar. Bu sayede kanal içindeki dezenfeksiyonun sağlanmasında son derece önemli bir aşamadır. ⁽²²⁾ Bunun yanında enfekte olmuş pulpa dokusu, bakteri ve nekrotik artıkların periradiküler alana taşmayacak şekilde temizlenmesi tedaviye sağladığı önemli katkılardandır. ⁽²⁴⁾

Preparasyon yapılırken önemli konulardan biri de apikal daralımı bozmadan daha fazla debris, bakteri ve iriganın apikalden taşmasını önlemektir. Apikalden taşan bu iritanlar, inflamasyonun indüksiyonu, postoperatif ağrı ve periapikal iyileşmenin gecikmesi gibi istenmeyen sonuçlara neden olabilir. ⁽²⁵⁾ Bu yüzden kanal preparasyonu yapılırken apikal darlımı bozmadan, daha önce belirlenen çalışma boyunda preparasyonun yapılması, taşkın preparasyona göre hem daha hermetik bir tıkama sağlamaktadır, hem de debrisin daha fazla taşmasının önüne geçilmektedir. Kök kanal preparasyonu için kullanılan eğeler geçmişten günümüze büyük gelişim göstermiştir. Son 25-30 yıllık süreçte kök kanal preparasyonu sağlamak için teknolojik gelişmeler ışığında önemli gelişmeler olmuştur. ⁽²²⁾ Kök kanallarının preparasyonunda farklı enstürümanlar kullanılmaktadır. ⁽²⁶⁾ Bunlar; el eğeleri [Turnerfler, K-tipi ve Hedström (H-tipi) eğeler], düşük hızlı aletler (Gates Glidden ve Peeso-Reamer), motorla kullanılan NiTi döner eğeler, motorla kullanılan resiprokal eğeler ve ultrasonik aletlerdir.



Şekil 2. 1. Apikal bölgenin anatomisi ⁽²⁷⁾

2.3. Kök Kanal Preparasyonunda Kullanılan Teknikler

2.3.1.El Eğesi ile Yapılan Preparasyon

Standardize Teknik

Standardize teknikte kök kanal preparasyonu için kullanılan tüm eğeler küçükten büyüğe doğru artan çaplarla aynı çalışma boyunda (ÇB) kullanılır, bu nedenle kanalın son şekli kullanılan eğelerin orijinal şekline bağlıdır. Koronale doğru artan konik bir form oluşturulamamaktadır. Kanal duvarları birbirine paraleldir. Ayrıca, güta-perkanın bu kadar küçük bir koniklik ile (~ ,02) yeterli kompaksiyon sağlaması zor ve imkansızdır. ⁽²⁶⁾

Step-Back Tekniği

Kök kanalına konik bir şekil verilmesini sağlayan bu teknikle; apikal şekillendirmeden sonra ÇB'den kademeli olarak 0,5/1 mm kısa pozisyonda konumlandırılan daha büyük boyutlu eğelerle koronal bölgeye doğru giderek konikleşen bir şekil elde edilmeye çalışılır. Bu tekniğin kullanılması özellikle eğimli kanallarda preparasyon hatalarının görülme sıklığını azaltmıştır. Ayrıca, kök kanalına konik form verilmesi rezervuar görevi görerek irrigasyon solüsyonlarının apikal bölgeye ulaşmasını ve etkili şekilde dezenfeksiyon sağlanmasına yardımcı olur. ⁽²⁶⁾

Step-Down Tekniği

Bu teknikte kök kanallarının apikal preparasyonundan önce, kök kanalının 2/3'lük koronal kısmının şekillendirilmesi yapılmaktadır. Bu sayede preparasyon sırasında apikal foramen yoluyla taşabilen nekrotik debris miktarının en aza indirilmesi veya ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır.

Crown-Down Tekniği

Bu şekillendirme korondan apikale doğru preparasyon işlemi yapılmaktadır. Bu teknik sayesinde kanal duvarına temasın azaltılması eğe kırığı gibi komplikasyonları azaltmakta, preparasyonun koronal bölgeden başlanması, debrisin koronal olarak taşınmasını sağlayarak debris taşmasının neden olabileceği postoperatif ağrıyı önleyebilmektedir. Çoğu döner eğe sistemi bu yöntem üzerinden preparasyonu yapmaktadır. ⁽²⁸⁾

Balanced Force tekniği

Bu teknikte; kök kanalının koronal ve orta 1/3'lük kısımları Gates Glidden frezlerle genişletildikten sonra apikal 1/3'te el eğeleri ile şekillendirme yapılır. Koronal ve orta 1/3'ün genişletilmesi, el eğelerinin apikal 1/3'e pasif bir şekilde kolayca ulaşımına olanak sağlar. Gates Glidden frezlerle yapılan mekanik şekillendirmenin ardından, Balanced Force el preparasyonunda eğe hafif apikal basınçla veya basınçsız şekilde saat yönünde çeyrek tur döndürülerek kanala yerleştirilir daha sonra eğeye yeterli apikal basınç uygulanarak saat yönünün tersine döndürülerek kesme işlemi gerçekleştirilir ardından sadece rotasyon hareketi kullanılarak eğe kanaldan uzaklaştırılır ⁽²⁸⁾. Bu teknikte debris taşmasının Step-Back ve CaviEndo ultrasonik yöntemi gibi diğer tekniklerden daha az olduğu bildirilmiştir. ⁽²⁹⁾

2.3.2. Döner Eğe Sistemleri ile Yapılan Preparasyon

NiTi alaşımların tanıtılmasıyla endodontik tedavinin preparasyon aşamasında önemli kazanımlar olmuştur. Tam tur, 360° dönerek çalışan sistemler [ProTaper Universal (PTU) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre), ProTaper Next (PTN) (Dentsply Maillefer), Twisted File (TF) (SybronEndo, Orange CA, ABD), Revo S (RS) (Micro-Mega, Besancon, Fransa) vb.], resiprokal hareket esasına göre, tam turu kademeli olarak tamamlayan sistemler [Resiproc (VDW, Münih, Almanya), WaveOne (WO) (Dentsply Maillefer) vb.], dönme hareketi yapmaksızın ileri geri hareketle çalışan sistemler [Self-Adjusting File (SAF) (ReDent-Nova, Ra'anana, İsrail)], kanal içi strese bağlı olarak otomatik olarak ayarlanabilen sürekli dönme veya resiprokal hareketle çalışan sistemler [Twisted File Adaptive (TFA), SybronEndo (Orange, CA, ABD)] kök kanal preparasyonunda sıkça kullanılan döner eğe sistemleridir. Bu sistemlerden hangi sistem kullanılırsa kullanılsın kök yüzeyleri tamamen prepare edilemez. ⁽²⁶⁾

Hibrit Teknik

Mevcut sistemlerin eksikliklerini gidermek çeşitli NiTi preparasyon sistemlerinin birleştirilmesi önerilmiştir. Bununla birlikte, klinisyenler kanaldaki anatomik varyasyonları ayrı ayrı ele alıp, uygun preparasyon tekniğini belirlemelidir. Özellikle oval kanallarda döner bir eğe en iyi ihtimalle yuvarlak bir kanal oluşturabilir. Bu

nedenle, radiküler yapıyı aşırı derecede zayıflatmadan oval kanalları uygun şekilde prepare edebilmek için çeşitli sistemlerin kombine edilmesi gerekmektedir.

Hibrit sistemde el eğeleriyle ÇB belirlenir ve rehber yol oluşturulup, kanalların koronal 1/3'lük kısımları döner NiTi eğelerle, apikal 1/3'lük alanları ise el eğeleri veya döner sistemin bitirme eğeleri kullanılarak prepare edilmektedir. ⁽²⁶⁾

Ultrasonik Cihazlar

Ultrasonik olarak aktive edilen eğeler; döner ege sistemlerinin ulaşamadığı kanal duvarlarının preparasyon için kullanılabilir. Ancak, bugüne kadar ultrasonik sistemlerle yapılan kanal preparasyonunun klinik olarak üstün olduğu saptanamamıştır. Ultrasonik cihazlarla preparasyona bağlı komplikasyonlar daha fazla oluşmaktadır. Ayrıca, bu sistemler radiküler dentinin de daha fazla kaybına neden olabilmektedirler. ^(26, 30, 31)

2.4. Kök Kanal Preparasyonunda Kullanılan Eğelerin Özellikleri ve Gelişim Süreçleri

Kök kanal tedavisinin başlıca biyolojik amacı, kök kanal yapısında oluşan florayı streilizasyon ve dezenfeksiyon protokollerinden yararlanarak bozmak ve devamında bakteri geçişine izin vermeyecek sızdırmaz bir yapı oluşturmaktır. ⁽³²⁾ Tedavinin en önemli basamaklarından biri olan kök kanallarını şekillendirmedeki temel amaç, kanalın orijinal yapısını bozmadan kök yüzeyinde maksimum alana dokunarak pulpa artıkları, nekrotik dokular ve enfekte dentini temizlemektir. ⁽³²⁾ Günümüzde tasarlanan hiçbir ege sisteminin kök yüzeyindeki bütün alanlara temas etmediğini bilmekteyiz. ^(33, 34) Bununla birlikte şekillendirme yapılırken basamak, apikal zip ve perforasyon gibi prosedürel hatalar yapmamak önemlidir. ⁽³²⁾ Bu olumsuzluklar tedavinin başarısını doğrudan etkilemese de şekillendirme ve irrigasyon için ulaşılamayan alanlar doğurur. ⁽³⁵⁾

Şekillendirmenin bir diğer önemli amacı da dezenfeksiyonu optimum sağlayacak şekilde minimum şekillendirmedir. Şekillendirme gereğinden fazla yapıldığı zaman kök yapısı zayıflar ve kök kırıkları için zemin hazırlar. Kök kanal şekillendirme öncesi dentin duvar kalınlığı boyutlarının 1 mm ve altında olduğu anatomik çalışmalarda gösterilmiştir. ^(36, 37) Kanal yollarının düzleştirilmesi, kavisli kök duvarlarının tehlikeli şekilde incelmeye yol açabilir. Bilimsel olarak kesin bir

minimal radiküler duvar kalınlığı belirlenmemiş olsa da, 0,3 mm dentin kalınlığı kritik kabul edilir.⁽³⁸⁾

Kök kanal şekillendirmesinde kullanılan ilk eğeler karbon çelik alaşımları kullanılarak üretilmiş ve hayata geçirilmiştir. Ancak, sonrasında yapılan bir çalışmada⁽³⁹⁾ bu ege tipinin korozyona karşı direncinin düşük olduğunu ve sterilizasyon sonrasında fiziksel olarak değişime uğradığını göstermiştir. Bu sonuçlar sonrasında paslanmaz çelik eğelerin kullanımı önerilmiştir.⁽³⁹⁾ Temel olarak, elle kullanım için üretilen geleneksel paslanmaz eğeler tasarımlarına göre üç farklı tipten oluşur: bunlar reamer, K-tipi ege ve H-tipi egesidir.

Reamerler kıvrılmış ve çekilmiş olduğundan kesme işlemini rotasyonla yapar. Düz kanallarda yuvarlak ve açılı bir preparasyon oluşturmalarına rağmen, eğri kanalların genişletilmesinde, özellikle de oval kesitli kanallarda transportasyona ve düzleşmeye neden olabilmektedirler.⁽⁴⁰⁾

1915 yılında kullanımına başlanan K-tipi eğeler, kare veya üçgen kesitli paslanmaz çelik telin bükülmesiyle elde edilmektedir.⁽⁴¹⁾ Üçgen kesitli ege, aynı boyuttaki kare kesitli eğeye göre daha esnektir. Bu özellikleri sayesinde şekillendirme esnasında kanalın transportasyon ihtimali daha düşüktür.^(42, 43) Bu eğeler "*egeleme*", "*saat kurma*", "*çevir - çek*" veya "*dengeli kuvvet*" hareketleriyle kullanılmaktadırlar.

H-tipi eğeler, açılı silindirik telden hazırlanır. Kesitlerinde birbiri üstüne sıralanmış bir dizi koni görünümü vardır. Koni kenarları çok keskin olduğu için "*çekme*" (egeleme) hareketiyle oldukça fazla dentin çıkarırlar. Fakat, çekirdek çapları küçük olduğundan rotasyonda düşük kırılma direnci gösterirler.⁽⁴³⁾

Paslanmaz çelik eğelerin dar ve eğimli kanallarda şekillendirme etkinliği zaman alıcı ve zordur. Bunun dışında apikal genişletmenin daha küçük çaptaki eğelerle bitirilmesi gerekmektedir.⁽⁴⁴⁾ Paslanmaz çelik eğeler daha küçük çaplarda bir esneklik gösterirken, özellikle "*International Organization for Standardization*" (ISO) 25 nolu'dan daha büyük çaplara geçildiğinde aynı esneklikten bahsetmek mümkün değildir. Bu eğeler eğri bir kök kanalına yerleştirildiklerinde eski pozisyonuna dönebilmek için kökün apikal kısmında eğimin dış tarafına, orta kısmında ise eğimin iç tarafına doğru bir basınç uygular ve buralarda istenmeyen genişletmelere neden olmaktadır.⁽⁴⁵⁾ Paslanmaz çelik eğelerin şekillendirmesinde

yaşanan problemler araştırmacıları farklı alaşımların kullanımına ve daha iyi klinik performans arama çabasına itmiştir. NiTi alaşımı ilk olarak 1963 yılında ABD uzay programı tarafından Donanma Mühimmat Laboratuvarında başarıyla geliştirildi ve nitinol (NiTi alaşımı) olarak tanımlandı. Süper elastikiyeti, şekil hafızalı etkisi ve biyouyumluluğu sayesinde, NiTi alaşımı 1971'de ortodontik tellerin üretimi için kullanıldı ⁽⁴⁶⁾ ve aynı zamanda şekil hafızalı alaşım olarak da bilinmektedir. 1975 yılında Civjan, NiTi kullanılarak endodontik eğelerin üretimi konseptini önerdi. ⁽⁴⁷⁾ 1988'de ortodontik telle ilk NiTi el eğesi (#15) üretildi. ⁽⁴⁸⁾ Sonrasında, 1990'larda ticari döner NiTi eğeleri tanıtıldı ve döner NiTi eğelerinin kurucuları olarak bilinen John McSpadden ve Johnson, 1992'de 0.02 konikliğe sahip bir eğe ve 1994'te sırasıyla 0.04 ve 0.06'lık konikliğe sahip ProFile Orifis Şekillendirici (Dentsply Sirona) geliştirdi. Günümüze kadar klinik uygulamalarda 160'tan fazla döner NiTi sistemi kullanılmıştır. Belirli bir standardı takip eden paslanmaz çelik eğelerin aksine, döner NiTi sistemlerinin tasarımı, uç çapları, konikliği ve bıçak uzunlukları için aynı standart oluşturulmamıştır. ⁽⁴⁹⁾

NiTi alaşımı benzer sayıda nikel ve titanyum atomu (%55 nikel ve %45 titanyum) içermektedir ve 3 mikroyapısal fazı bulunmaktadır: östenit, martensit ve R-fazı.

Yüksek sıcaklıkta östenit ana faz olarak adlandırılır, düşük sıcaklıkta martensit yavru faz olarak adlandırılır ve her ikisi de NiTi alaşımının ana kristal yapılarıdır. Kafes kristal yapısı sıcaklık ve stres ile değiştirilebilir. Östenitten martensite dönüşüm sıcaklığı 16–31 °C'dir, bu da geleneksel NiTi alaşımının oda ve vücut sıcaklıklarında esas olarak östenit formunda bulunduğunu gösterir. Psödomartensit, çok küçük bir sıcaklık aralığında oluşturulabilir ve psödomartensit Young modülü, R-fazı olarak da adlandırılan östenitinkinden daha düşüktür. R-fazı NiTi alaşımı esnek olacaktır. Sıcaklık ısıtıldığında, martensit östenite dönebilir. Östenik durumdaki NiTi alaşımı nispeten serttir ve şekil hafızasına sahiptir ve martensitik fazda esnek ve yumuşaktır ve kolayca deforme olabilir. Martensitin ikiz fazlı yapısı, enerji emilimi ve bir sönümleme etkisi ile karakterize edilir, bu da NiTi alaşımının yorulmaya direnmesine ve metal hafızasını kaybetmesine neden olabilir. ⁽⁴⁹⁾

2.5. Niti Eğelerin Performans ve Karakteristik Özelliklerini Belirleyen Teknik ve Terimsel Bilgiler

Motorla çalışan bir NiTi eğenin kesme parçasının tasarımı, kanal benzeri kesici kenarı, kanalın derinliğini, ucu ve enine kesit şeklini, kesme açılarını ve radyal alanları içerir.

2.5.1. Helikal kanal açısı ve Eğimi

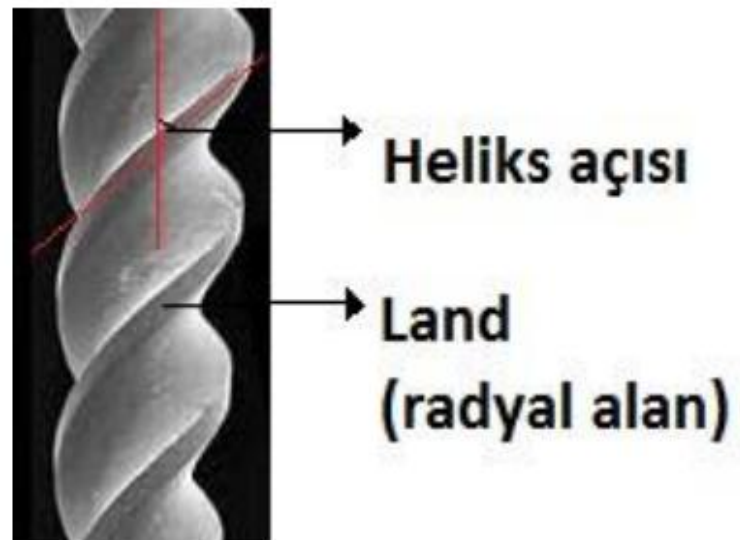
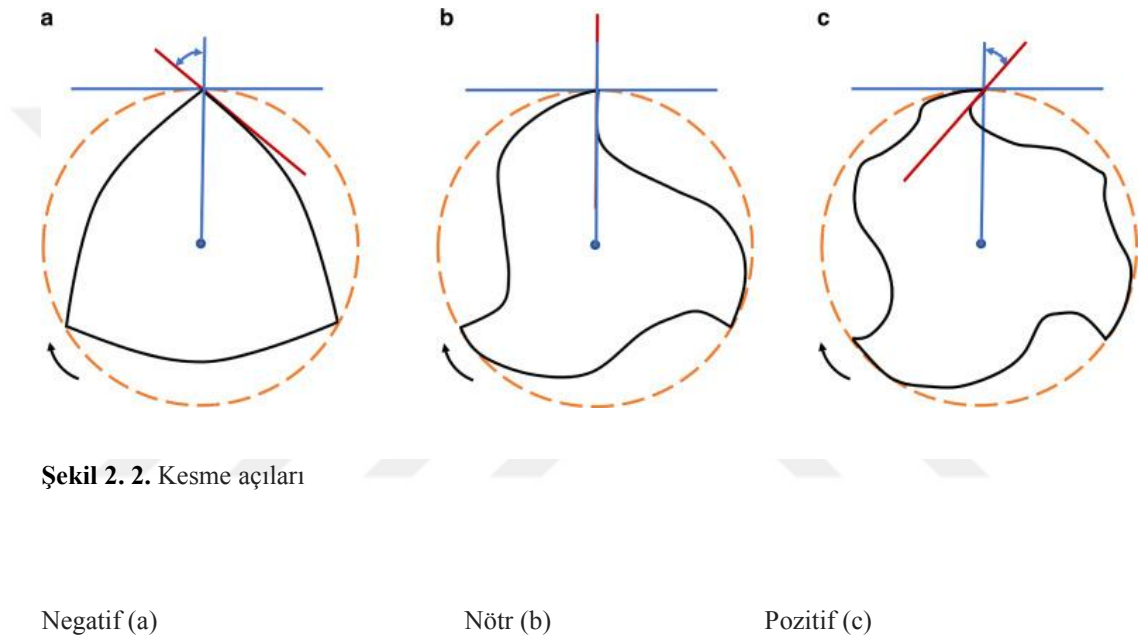
Helikal kanal açısı, kesici kenar ile eğenin uzun eksenine dik alınan bir enine kesit tarafından oluşturulur, eğim yanal görünüşte iki kesici kenar arasındaki mesafedir. NiTi eğesi genellikle 5-15 oluğa sahiptir. Çoğu motorla çalışan NiTi eğesinin uçları, basamak oluşumunu veya lateral perforasyonu önlemek için eğeleri düşük direnç noktasına yönlendirmek için küt ve kesmeyen uçlardır. ⁽⁴⁹⁾ Sabit bir helikal oluk açısına ve eğime sahip eğeler, özellikle koronal yiv olmak üzere yivlerde kesme artıklarının tutulmasına neden olma eğilimindedir ve bu da eğenin dentin duvarına gömülme riskini artırır. Eğimin azalması ve yiv sayısının artması, bir eğenin çalışan kesici kenar uzunluğunu artırır, bu da eğenin kesme verimliliğini artırır, eğilme sertliğini artırır ve gerilimi azaltır. ⁽⁵⁰⁾ Eğimi artırılmış eğeler, üstün debris giderme ve esneklik sağlar, ancak yüksek gerilim dağılımı nedeniyle torsiyonel kırılma riski artar. ⁽⁵¹⁾ Yivlerdeki değişikliklerin, farklı kesit şekillerine sahip NiTi eğeleri üzerinde farklı etkileri vardır. Kare kesitli eğeler en az etkilenirken, dikdörtgen kesitli eğeler yiv sayısından en çok etkilenenlerdir.

Kesici kenarın ucundan debris giderme oluğunun tabanına kadar olan mesafe oluğun derinliğidir. Eğe kök kanal duvarını kestiğinde, stres kesme kenarından yive doğru kademeli olarak artar. ⁽⁵²⁾ Yiv boşluğunun genişletilmesi preparasyon sırasında dentin kalıntılarının boşalmasını hızlandırabilir, ancak derin oluğun yakınında bariz stres yoğunlaşabilir, bu da eğenin kusur veya ayrılma olasılığını artırır. ⁽⁵³⁾ Çeşitli kesit şekillerine sahip eğelerin kesici kenarlarının ve yivlerinin eğrilikleri ve derinlikleri farklıdır. Örneğin, ProFile eğeler, içbükey üçgen yivleri 0,43 mm kavise sahipken, Hero-642 eğelerinin üçlü sarmal yapısına sahip debris çıkarma yivleri 0,125 mm kavise sahiptir.

2.5.2. Kesme kenarı, Kesme açısı ve Radyal alan

Kesme açısı, kesici kenarın nesneye göre enine kesit üzerindeki konumu ve eğimi ile ilişkilidir ve motorlu NiTi eğelerin kesme açısı pozitif ve negatif olabilir. Kesme

açısı genellikle çizgiler çizilerek gösterilir. İlk çizgi, kesici ucu ve eğenin geometrik merkezini birleştirir ve ikinci çizgi ucundaki kesme yüzünün eğrisine teğettir. İlk çizgi teğet çizginin önünde olduğunda eğim açısı pozitifdir; aksi halde negatiftir (Şekil 2.2). Pozitif kesme açısı tasarımı, yüksek kesme verimliliği, bununla birlikte hızlı aşınma sağlar. Nötr veya negatif kesme açısına sahip eğeler esas olarak kök kanal duvarını aşındırır, bu da dentinin kesme etkinliğini azaltır. ⁽⁵⁴⁾



Şekil 2.3. Heliks açısı ve radyal alan

Radyal alan, kesici kenarın hemen arkasında bulunan bir yüzeydir ve aynı zamanda radyal destek platformu olarak da adlandırılır. Radyal alan, kanalın transportasyonuna neden olmadan eğenin kök kanalındaki merkezli hareketini desteklemek için ucun şeklini taklit eder.⁽⁵⁵⁾ Geniş bir radyal alan, eğenin periferik gücünü artırır ancak bu, dentini keserken daha fazla sürtünmeye yol açacaktır;⁽⁵³⁾ böylece kök kanal duvarında kolayca smear tabakası oluşur.⁽⁵⁶⁻⁵⁸⁾ Hero-642 hariç, erken dönem NiTi eğeleri genellikle radyal bir alan tasarımı kullanır.

NiTi eğesi, ilk NiTi eğesinin 1992'de pazara sunulmasından bu yana geçen 30 yılı aşkın sürede sürekli olarak geliştirildi. 2013'te Haapasalo, NiTi eğelerinin gelişimini gözden geçirdi ve onları 5 nesle ayırdı.⁽¹⁰⁾ İlk nesil, 1990'larda ProFile tarafından temsil edildi. Ana odak noktası, yivin kesiti ve şekli gibi bir eğenin geometrik tasarımıydı ve güvenlik, eğenin kesici kenarı için radyal alanın tasarımıyla yansıtıldı.

İkinci nesil, PTU, K3 (Sybron Endo), Hero Shaper, BioRaCe (FKG Dentaire, La-Chaux-de Fonds, İsviçre), EndoSequence (Brasseler, Savannah, GA, ABD) imalat kusurlarını azaltmak için elektro-polisaj gibi yüzey işlemlerine ve kesme verimliliğini artırmak için koniklik ve eğim açısı gibi geometrik şekillerdeki değişikliklere odaklandı. Çoğu ikinci nesil eğenin radyal alanı yoktur. 2007 Yılında, martensit fazının artan bir yüzdesini içeren martensit telinin (M-tel) ortaya çıkmasıyla NiTi eğeleri, malzeme geliştirmeye odaklanarak üçüncü nesle girdi. Ardından, R-fazı, kontrollü bellek (CM)-wire, martensit-östenit elektro-parlatma-esnek tel (Max-wire), mavi tel (Blue-wire) ve altın tel (Gold-wire) gibi farklı malzemeler geliştirildi ve NiTi eğelerinin yorulma direnci sürekli iyileştirildi. 2008'den bu yana, geleneksel sürekli dönüş moduna dayanarak, dördüncü nesil NiTi eğelerinde torsiyonel kırılma riski, resiprokal hareket, birleşik hareket ve aksiyal hareket gibi hareket modu iyileştirilerek azaltıldı. Resiprokal hareket eden tek ege sistemleri Reciproc (VDW), WaveOne (Dentsply) ve aksiyal hareketli kendinden ayarlı ege (SAF) sistemi gibi tek ege sistemleri de aynı anda mevcuttur ve preparasyon eğelerinin sayısı azaltılarak klinik verimlilik iyileştirilmiştir. 2010'dan beri PTN (Dentsply Sirona), Revo-S (Micro-Mega) ve OneShape (Micro-Mega) tarafından temsil edilen eksantrik döner NiTi sistemleri beşinci nesil olarak kabul edilmektedir.⁽¹⁰⁾

Tablo 2. 1. NiTi eğelerinin geliştirme ve temsili sistemleri

Yapısal Tasarım	İmalat İşlemi	Metalurjik Gelişim	Hareketler
<i>İlk rotary sistem 1992'de 0.02 koniklik</i>	<i>Race 1999: Elektropolisaj</i>	<i>Profile vortex 2007: M-wire</i>	<i>Resiproc 2008: Resiprokal</i>
<i>ProFile 1994 0.04 koniklik</i>	<i>Twisted File: Büküm</i>	<i>TF 2008: R-Fazı</i>	<i>WaveOne 2010: Resiprokal</i>
<i>Quantec 1996</i>	<i>Hyflex EDM 2012: Elektriksel Deşarj İşleme</i>	<i>Hyflex CM 2010: CM wire</i>	<i>SAF 2010: Aksiyal Hareket</i>
<i>Hero 642 1999</i>		<i>Vortex Blue 2012: CM blue</i>	<i>ProTaper Next: Eksentrik Hareket</i>
<i>ProTaper 2001: Değişken koniklik</i>		<i>ProTaper Gold 2014: CM-Gold</i>	<i>TFA 2013: Kombine Hareket</i>
<i>Revo-S 2009</i>		<i>XP-Endo 2015: Max-wire</i>	

Daha iyi klinik performans elde etmek için, motorla çalışan bir NiTi eğesi, kesme verimliliğini artırmak ve farklı kök kanalı morfolojilerine uyum sağlamaktadır.

Fleksürel kırık riskini azaltmak için yüksek burulma sertliğine ihtiyaç duyar, bu da sadece cihazın yorulma hasarını azaltmakla kalmaz, aynı zamanda kanal transportasyonunu da önler. NiTi eğelerinin geometrik tasarımında ve şeklindeki değişiklikler, kesit şeklinde, oluğun derinliğinde, iç çekirdeğin alanında ve radyal alanda uygulanır. ⁽⁵³⁾

2.5.3. Enine Kesit Şekli

Enine kesit şekli, birkaç nesil NiTi eğesinin iyileştirilmesi ve optimizasyonunun odak noktasıdır. ProTaper Universal sistemi, eğenin uzun eksenini boyunca daha düzgün bir gerilim dağılımı, daha iyi bir kesme kuvveti ve daha düşük eğe kırılma riski ile sonuçlanan bir dışbükey üçgen kesit tasarımı kullanır. ^(59, 60) Mtwo sistemi (VDW, Münih, Almanya), iki kesici kenarlı "S" şeklinde bir kesit tasarımı kullanır. Kesme kenarları keskindir ve kenarlar arasındaki oluklar düşük ve derindir, bu da kesme etkinliğini ve esnekliğini artırır. ⁽⁵⁰⁾ Çalışmalar, asimetrik kesitlere sahip Mtwo ve Quantec cihazlarının X eksenini ve Y ekseninde farklı ataletle sahip olduğunu bulmuştur. Bu nedenle, eğelerin bir yöndeki bükülme sertliği diğer yöne göre daha kötüdür, bu da kök kanal preparasyonu sırasında zayıf stabiliteye ve eğilme yetmezliğine eğilime neden olur. PTN sisteminin enine kesiti bir dikdörtgendir ve eksantrik veya asimetrik olarak döner, bu da merkezsiz harekete neden olur. Bu tasarım cihazın esnekliğini artırır ve asimetrik rotasyon vida etkisini azaltır ve kanal transportasyon riskini azaltabilir. ^(61, 62) HyFlex EDM (Coltene/Whaledent, Cuyahoga Falls, OH) sisteminin kesitsel tasarımı benzersiz özelliklere sahiptir; yani, eğenin kesme yüzeyi boyunca kesit şekli farklıdır. Eğe sapının yakınında, enine kesit üçgendir ve daha iyi kesme verimliliği sağlar; eğenin ortasında, enine kesit yamuktur, daha güçlü eğilme direnci ve daha iyi debris kaldırma yeteneği sağlar; eğenin ucunda, enine kesit dörtgendir, bu da cihazın penetrasyonunu kolaylaştırabilir ve fleksürel kırık riskini azaltabilir. ⁽⁴⁹⁾

2.5.4. Kesme Kenarı, Kesme Açısı ve Radyal Alan

Hero-642 ve K3 eğeleri gibi ilk sistemler, pozitif kesme açısı tasarımıyla kesme verimliliğini artırırken ProFile, ProTaper Universal, Quantec ve diğer sistemler, eğenin gömülmesini azaltan ancak kesme verimliliğini etkileyen nötr veya negatif eğim açısıyla tasarlanmıştır.

2.5.5. Koniklik

Çoğu motorla çalışan NiTi sistemi, sabit büyük konikliğin ISO olmayan tasarımını benimser; bu nedenle, bir dizi eğe aynı konikliğe ancak farklı uç boyutlarına sahiptir. Bu farklılık kesme ve şekillendirme verimliliğini artırır ve stres uzun eksen boyunca eşit olarak dağıtılır, bu da eğe kırılması riskini azaltır. Sabit 0,04 konikliğe sahip ProFile örneklendirilmiştir. ProTaper eğeler değişken bir koniklik tasarımına sahiptir, yani aynı eğenin farklı parçaları için hem eğenin esnekliğini hem de kesme verimliliğini göz önünde bulunduran farklı konikler tasarlanmıştır. ProTaper eğeleri, kesme hedefine göre kök kanalı şekillendirmesini doğru bir şekilde tamamlayabilir. ⁽⁶³⁾ PTN sistemi, kök kanalı preparasyonu için farklı uzunluklara ve uç çaplarına sahip 5 eğe kullanır, yani X1 (17/0,04), X2 (25/0,06), X3 (30/0,07), X4 (40/0,06) ve X5 (50/0,06). Bunlar arasında, X1 ve X2 sırasıyla tek bir eğe üzerinde artan ve azalan konikliklerle tasarlanmıştır ve X3, X4 ve X5, D1'den D3'e kadar sabit konikliklere ve yukarı doğru kesme kısmı için kademeli olarak azalan bir konikliğe sahiptir. ⁽¹⁰⁾ S-Apex eğesi (FKG, La Chaux-de-Fonds, İsviçre), apikal bölgede kök kanalı açıklığını sağlamaya elverişli olan ve çalışma bıçağı ile sapın birleşiminde zayıf alanlara izin veren ters bir koniklikle tasarlanmıştır; bu nedenle, kırılmış bir eğenin çıkarılması iyileştirilmiştir.

Buna ek olarak, helikal yiv açısının ve eğiminin iyileştirilmesi de bir eğenin performansını artırabilir. K3XF eğesi için helikal yiv açısı uçtan itibaren artacak şekilde tasarlanmıştır. Uçtan tepeye doğru eğim artar, bu da oluğun debris temizleme kabiliyetini ve eğenin güvenliğini artırabilir. ⁽¹⁰⁾ WO tek eğe sistemi, farklı çalışma uzunluklarına sahip 2 kesit tasarımı (D1-D8: modifiye üçgen; D9-D16: dışbükey üçgen) ve uzunlamasına eksen boyunca eğimi ve helikal yiv açısını değiştirmek için bir ters sarmal kullanır, bu da esnekliği ve güvenliğini artırır. ⁽⁶⁴⁾

2.6. Üretim veya Yüzey İşlemlerinde İyileştirme

Üretim süreci NiTi eğelerin mekanik özelliklerini etkilemektedir. ProFile, Lightspeed (LightSpeed Technology, Inc, San Antonio, TX), ProTaper, Mtwo ve Hero-642 gibi NiTi eğelerin çoğunda uygulanan hassas torna ile kesim en sık kullanılan işleme yöntemidir. Bununla birlikte, yüzey boşlukları ve kesik izleri gibi artık yüzey işleme kusurlarının tümü klinik uygulamada eğe kırığının potansiyel nedenleri haline gelir. Bükümlü imalat, elektropolisaj ve elektrik deşarjlı işleme

yüzey işleme teknikleri bu sorunları bir ölçüde iyileştirmiş, böylece güvenliği arttırmış ve torsiyonel kırık riskini azaltmıştır.

2.6.1. Büküm İmalatı

Geleneksel bir NiTi alaşımı, harici bir kuvvet tarafından deforme edildikten sonra orijinal şekline dönebilen bir şekil hafızalı alaşımdır. Paslanmaz çelik eğeler için kullanılan büküm fabrikasyonu kullanıldığında, NiTi alaşımlı teller kolayca oluşturulamaz ve büküm sürecinde kırılabilir. Isıl işlemten sonra, NiTi alaşımı daha düşük kesme modülüne sahip R-fazına dönüşür ve büküm yöntemiyle üretilebilir. Twisted File sistemi temsili bir araçtır. Bükümlü imalat, yivlerin tornalanması işlemindeki kusurları önler, metalin kristal kafes yapısını hasar görmekten korur ve eğerin yorulma direncini artırır. Bununla birlikte, kök kanal preparasyonu sırasında güçlü bir vidalama etkisi oluşabilir ve bu da alevlenmelere yol açabilir.⁽⁴⁹⁾

2.6.2. Elektropolisaj

Elektrokimyasal yüzey işleme olarak da bilinen elektropolisaj işlemi, metal aletlerdeki yüzey düzensizliklerini azaltmak için elektrokaplama yoluyla bir nesnenin yüzeyinde metal iyonlarının birikmesini ifade eder. Bu yöntem ilk olarak 1999 yılında FKG tarafından NiTi eğelerinin üretiminde kullanılmıştır. Mekanik olarak döndürülmüş NiTi eğeleri, eğelerin yüzeyinde düzgün bir oksit tabakası oluşturmak için bir oksidasyon-indirgeme reaksiyonuna neden olmak için bir elektrolit banyosuna daldırılır, bu da üretim hatalarını azaltabilir ve daha pürüzsüz bir yüzey sağlayabilir; bu sayede, süperelastikiyeti etkilemeden eğelerin döngüsel yorulmaya, kesme verimliliğine ve korozyon direncine karşı direnci artırır. RaCe, EndoSequence ve One Shape cihazları bu tekniği kullanarak üretilmektedir.⁽⁴⁹⁾

2.6.3. Elektriksel Deşarj İşleme

Elektriksel deşarj işleme, metal yüzeyi eritmek ve metalin küçük kısımlarını dielektrik bir sıvı varlığında buharlaştırmak için kontrollü bir boşaltma işlemi kullanan ve korozyona uğramış pürüzlü bir metal yüzey bırakan, mühendislikte yaygın olarak kullanılan temassız bir termal erozyon işlemidir. Bu işlem kullanılarak üretilen NiTi eğeleri daha pürüzlü ve sert bir yüzeye sahiptir, böylece kesme verimliliği artar.^(10, 65) 2016 yılında, bu kıvılcım erozyonu teknolojisi kullanılarak üretilen HyFlex EDM sistemi tanıtıldı. X-ışını kırınım analizi, HyFlex EDM sisteminin martensitik NiTi alaşımı ve önemli miktarda R-fazı NiTi alaşımından

oluşturduğunu, HyFlex CM sisteminin ise martensitik ve östenitik NiTi alaşımlarının bir karışımından oluştuğunu göstermektedir. ⁽⁶⁶⁾ Hyflex EDM, östenitik fazın olmamasına veya azalmasına rağmen, geleneksel CM tellerinden daha yüksek bir sertliğe sahiptir, böylece EDM'nin sertleşme etkisini kanıtlar. ⁽⁴⁹⁾

2.7. NiTi Alaşımlarının Metalurjik Gelişimi

Metalurji teknolojisinin sürekli gelişmesiyle, tasarımcılar ve üreticiler metallerin fiziksel özelliklerini geliştirdiler, alaşım kimyasal ve kristal faz bileşimini değiştirerek yorulma direncini arttırdılar. En sık kullanılan metal işleme yöntemi olan ısıtma işlemi, NiTi alaşımlarının süperelastisitesi ve şekil hafıza etkisi gibi malzemenin belirli bir özelliğini elde etmek için belirli koşullar altında belirli bir malzemeyi birkaç kez ısıtmak ve soğutmak için uygulanır. ⁽⁴⁹⁾

2.7.1. M-wire

2007 yılında Tulsa Dental, geleneksel östenitik NiTi alaşımlarının ısıtma işleminden sonra yeni bir NiTi alaşımı olan M-wire alaşımı geliştirdi. Karmaşık sıcaklık koşulları altında, ana kristal fazı östenit olan geleneksel bir NiTi alaşımı, özel bir germe işlemi ile hazırlanır ve kristal faz geçiş sıcaklığı, geleneksel NiTi teli için 16-31 ° C'den 47 ° C'ye yükselir. Sonuç olarak, alaşım oda sıcaklığında, azaltılmış sertlik ve artan elastikiyet ile büyük miktarda kararlı martensit içerir. 2007 yılında, GT Series X ve ProFile Vortex tarafından temsil edilen M-wire NiTi eğeleri geliştirildi. ProTaper Next sistemi ve ProFile Vortex sistemi gibi M-wire alaşımlarından oluşan NiTi cihazları gelişmiş esnekliğe, yorulma direncine ve kırılma direncine sahiptir. Geleneksel NiTi alaşımı ile karşılaştırıldığında, M-wire cihazı daha iyi merkezleme yeteneğine sahiptir, kavisli kök kanalının orijinal şeklini daha iyi koruyabilir ve kanal sapmasını azaltabilir. ⁽⁴⁹⁾

2.7.2. R-fazı

SybronEndo, geleneksel östenitik NiTi alaşımlarının çoklu ısıtma işlemlerden sonra R-faz NiTi alaşımına dönüştürüldüğü TF (2008) ve K3XF (2011) R-faz NiTi sistemlerini art arda tanıttı. R-faz NiTi alaşımlarının Young modülü, martensit ve östenit fazlarındaki alaşımlardan daha düşüktür ve stres altında daha fazla östenit martensite dönüşür, bu da eğinin esnekliğini ve yorulma direncini artırır. Buna ek olarak, K eğesi gibi paslanmaz çelik eğeler için kullanılan bükme üretim yöntemi, TF sistemi için ilk kez kullanılmıştır. Isıtılmış R-faz NiTi tel bükülür, bu da NiTi alaşımlarının

kristal yapısını hasar görmekten korur ve geleneksel NiTi alaşımlarının bükülme işlemi sırasında sıklıkla meydana gelen kırılmayı önler. ⁽⁶⁷⁾ K3XF sistemi, üretim işleminin neden olduğu iç gerilimin bir kısmını karşılamak için üretim işlemi tamamlandıktan sonra üretim sonrası ısıl işleme tabi tutulur.

2.7.3. CM-wire

Geleneksel NiTi alaşımının %54.5-57'sinin nikel içeriği ile karşılaştırıldığında CM-wire, alaşımın mekanik özelliklerini geliştiren daha az nikel (%52) içerir ve bu da 2010 yılında tanıtılmıştır. Ek olarak, DS Dental, CM telinin östenit faz geçiş sıcaklığını 55 °C'ye yükselten alaşım SE508 üzerinde üretim sonrası ısıl işlemler gerçekleştirir, böylece oda sıcaklığındaki kristal yapıya martensit hakim olur. Sonuç olarak, CM-wire kontrollü hafıza, gelişmiş kırılma direnci, iyi esneklik ve döngüsel yorulmaya karşı direnç ile metal alaşımları haline gelmiştir. CM-wire eğesi, kök kanalının eğrilğine uyacak şekilde önceden bükülebilir. ⁽⁶⁸⁾ Cihaz kullanımdan sonra deformasyona uğrarsa (açma gibi), otomatik olarak oyulmuş gibi ısıtıldıktan sonra ilk şekline geri dönebilir ve yeniden kullanılabilir, yani kontrollü şekil belleği etkisi olarak adlandırılır. HyFlex CM, TYPHOON (DS Dental, Johnson City, TN) ve M3 sistemleri (M3, United Dental, Shanghai, China) temsili araçlardır.

2.7.4. Blue Wire ve Gold Wire

CM-wire alaşımı, bir titanyum oksit tabakası oluşturmak için tekrarlanan ısı ve soğutma işlemlerinden geçer ve alaşımın yüzey rengi, titanyum oksit tabakasının kalınlığına göre değişir. Kalınlık 60-80 nm olduğunda, yüzey rengi mavidir, yani CM-Blue wire; kalınlık 100–140 nm olduğunda, yüzey rengi altındır, yani CM-Gold wire. ⁽⁶⁹⁾ Titanyum oksit tabakası, CM-tel alaşımının işlenmesi sırasında kaybedilen sertliği telafi eder ve kesme verimliliğini ve aşınma direncini artırır. ⁽⁷⁰⁾ Temsili eğeler arasında Vortex Blue sistemi (Dentsply Sirona, ABD), Sequence Rotary sistemi, Reciproc Blue (RB) sistemi ve ProTaper Gold sistemi bulunmaktadır.

2.7.5. Max-wire

Max-wire, alaşım ısıl işleminin bir sonucu olarak geliştirilmiştir. Kök kanal preparasyonunun erken aşamasında, düşük oda sıcaklığında martensit fazındadır. Kök kanalına verildikten sonra, sıcaklık 35°C'ye eşit veya daha büyük olduğunda, Max-wire alaşımı martensitten östenite kayabilir ve eğe, östenitin şekil hafızası işlevi nedeniyle düz bir şekilden yarı dairesel bir şekle dönüşür. Kök kanalının duvarlarına

karşı eksantrik rotasyon sırasında, eğe ile kök kanal duvarı arasındaki temas alanı artar, bu da kök kanalındaki irrigasyon sıvısının aktivasyonu ile birleştirildiğinde kök kanal duvarının dövülmesi ve kazınması rollerini oynar, böylece kök kanal temizliğini teşvik eder. Temsili enstrüman XP-Endo Shaper aile sistemidir (FKG Dentaire, La Chaux-de-fonds, İsviçre).

Yapılan bu metalurjik iyileştirmeler, motorla çalışan NiTi eğelerinin esnekliğini artırır, kavisli kök kanalının şeklini daha iyi korur ve kanal transportasyon riskini azaltır; dahası, bu iyileştirmeler cihazın yorulma direncini artırır, torsiyonel ve fleksürel kırığı azaltır ve klinik uygulamada güvenliği artırır.

2.8.Niti Döner Eğelerin Hareket Çeşitleri

2.8.1. Rotasyon Hareketi

Çoğu NiTi sisteminde eğe, kök kanalındaki merkezci ve eksantrik dönme hareketi de dahil olmak üzere tam dönüş yoluyla kök kanal duvarını sürekli olarak kesmek için endodontik motorları kullanır. ⁽⁶³⁾ PTU ve K3 sistemleri gibi merkezsiz döner harekete sahip eğeler yüksek kesme verimliliğine sahiptir. Ancak, dentine kolayca bağlanabilirler, yüksek tork taşıyabilirler ve torsiyonel kırığa eğilimlidirler. PTN ve XP-Endo Shaper cihazlarının kesitsel tasarımı, cihazın kanalla daha büyük bir temas yüzeyi ve debrislerin giderilmesinde daha fazla verimlilik ile eksantrik veya asimetrik döner hareket gerçekleştirebilir. ⁽⁴⁹⁾

2.8.2. Resiprokal Hareket

2008 yılında Yared, dengeli kuvvet tekniğine dayanan motorla çalışan NiTi sisteminin resiprokasyon hareketi kavramını önerdi. ⁽⁷¹⁾ Yani kök kanalı saat yönünde (CW) ve saat yönünün tersine (CCW) dönüşte farklı açılarla hazırlanır. Reciproc, RB, WO, WOG, Pro Design R, Unicone ve X1 Blue File gibi birçok tek eğeli NiTi eğesi tanıtılmıştır. Çoğu resiprokasyon sistemi, dentini kesmek ve debrisleri 60°–90° CW dönüşü ile gidermek için CCW yönünde 120°–270° ile döner, bu da torsiyonel gerilimini ve aralıklı tamponlamayı azaltır. Resiprok sistem, 150°'de CCW dönüşü ve 30°'de CW dönüşü gerçekleştiren resiprok hareketi kullanmayı temsil eder. Bu temelde, RB CM sistemi, ısıtılma işleminden sonra döngüsel yorulmaya karşı yüksek bir dirence ve iyi esnekliğe sahiptir. Başka bir resiprok hareket eğesi olan WOG, 150°'de CCW dönüşü ve 30°'de CW dönüşü gerçekleştirir ve 85°'lik bir kesme açısına sahip dört kesme kenarına sahiptir. Operasyon sırasında, her 200µm kök

kanal duvarı çevresi ile sadece iki kesici kenar temas halindedir. İn vitro ve in vivo çalışmalar, resiprokal sistemin yeniden kullanılmasının cihazın apikal basıncını azaltabileceğini, konik kilit fenomenini önleyebileceğini, sürekli döner harekete kıyasla daha düşük torsiyonel kırık ve deformasyon insidansı sağlayabileceğini göstermiştir. (63, 72, 73)

2.9.Çalışmada Kullanılan NiTi Döner Eğeler

2.9.1. WaveOne Gold

WOG, Gold-Wire teknolojisi ile geliştirilen ve 2 kesici kenarı olan paralelkenar şeklinde kesitsel tasarıma sahip olan resiprokal hareket ile çalışan eğe sistemidir. WOG eğelerde, NiTi alaşımının ısıtılması, alaşımın ısıtılması ardından yavaş şekilde soğutulması sürecinde oluşan titanyum oksit tabakasının belirli bir kalınlığa ulaşması (100–140 nm) (49) sonucu oluşur. Bu işlem M-Wire resiprokal eğelerle karşılaştırıldığında döngüsel yorgunluğa karşı direncin artmasını sağlamaktadır. (74, 75)



Şekil 2. 3. WOG eğe sistemi enine kesiti (76)

WOG sisteminde: Small (0,20 mm, %7), Primary (0,25 mm, %7), Medium (0,35 mm, %6) ve Large (0,45 mm, %5) olmak üzere 4 adet eğe bulunmaktadır. Tüm eğeler koronale doğru azalan ve değişken koniklik açısına sahiptir.



Şekil 2. 4. WOG Small, Primary, Medium, Large ⁽⁷⁶⁾

Resiprokasyon hareketi ile kullanılan WOG eğeleri bıçak konumu nedeniyle CCW yönünde 150° hareketle dentini keserken, CW yönünde 30° hareketle eğenin serbestleşmesini sağlamaktadır. Bu şekilde eğe CCW'ye 120° derece olduğu için toplam 3 turda 360° tam bir döngü yapmış olur. ⁽⁷⁶⁾ Kök kanal preparasyonu genellikle WOG Primary eğesi ile tamamlanmaktadır. Primary eğesi çalışma boyuna ulaşmazsa Small eğesi kullanılabilir. Primary eğesi apikal 1/3'ü yetersiz şekillendirdiği durumlarda ise Medium veya Large eğeleri kullanılabilir.



Şekil 2. 5. WOG Primary ⁽⁷⁶⁾

2.9.3. T-Endo Must

T-Endo Must (TEM) yeni bir resiprokal hareketli tek eğe sistemidir. Bu eğe sistemi, üretici tarafından “*Tm-wire*” adı verilen özel bir ısıtım işlemi görmüş alaşımdan yapılmıştır. S şeklinde bir kesit tasarımına sahiptir. TEM sisteminde: Tg (0.13 mm %4), m25 (0.25 mm %6), m40 (0.40 mm %6) ve m50 (0.50 mm %6) olmak üzere 4 adet eğe bulunmaktadır. TEM ile ilgili yapılan literatür incelemesinde debris taşması ile ilgili herhangi bir çalışma olmadığı görülmüştür.



Şekil 2. 8. OR eğeleri

2.10. Kök Kanal Preparasyonu Sırasında Apikalden Debris Taşması

Kök kanal tedavisi sırasında karşılaşılan ve tüm kök kanal prosedürlerinin doğasında bulunan önemli bir sorun, irrigantların ve debrisin apikalden dışarı taşmasıdır. Apikal ekstrüzyon genel olarak, kanal enstrümantasyonu sırasında dentin talaşlarının, pulpa dokusu artıklarının, nekrotik dokunun, MO'ların ve kanal içi irrigantların apikal foramenin ötesine ekstrüzyonu olarak tanımlanabilir. ⁽⁷⁸⁾ Ayrıca, kanal yenileme sırasında gutaperka artıkları periapikal dokulara taşabilir. Benzer şekilde, apeksin ötesine uzanan kırık endodontik eğeler, olumsuz biyolojik reaksiyonlara yol açabilecek korozyon ürünleri açığa çıkarabilir. ⁽⁷⁹⁾ Kök kanal prosedürleri sırasında apikal ekstrüzyona bağlı en önemli komplikasyonlardan biri randevular arası akut alevlenmeler ve hem hasta hem de hekim açısından istenmeyen postoperatif ağrının oluşmasıdır. ⁽⁸⁰⁾ Siqueira ⁽⁸¹⁾ tarafından yapılan bir çalışmada, asemptomatik kronik

periapikal lezyonlarda mikrobiyal ataklar ile konak savunması arasında bir tür dengenin bulunduğuna dikkat çekmiştir. Ayrıca, kemomekanik şekillendirme sırasında MO'lar apikalden taşındığında, periradiküler dokuların daha fazla iritan ile karşı karşıya kalmasıyla dengenin bozulacağını ve dengeyi yeniden kurmak için akut bir reaksiyonun ortaya çıkacağını vurgulamıştır. ⁽⁸¹⁾ Yine aynı araştırmacı ⁽⁸²⁾ yaptığı başka bir çalışmada, mikrobiyal ürünlerin periradiküler dokulara sızmasının, bakterilerin sayısına ve/veya virülansına bağlı olacak şekilde akut bir inflamatuvar yanıtı başlatabileceğini belirtmiştir. İmmünolojik olarak, debris taşması bir antijen-antikor kompleksi oluşumuna yol açarak şiddetli bir inflamatuvar yanıtı ve tedavi sonrası alevlenmelere neden olur. Apikal olarak taşan debris miktarını inceleyen çalışmalarda, el ile yapılan preparasyon tekniklerinin motorla çalışan döner eğelere göre genellikle daha fazla miktarda debris taşıma eğiliminde olduğu belirtilmiştir. ^(13, 83) Resiprokal ve döner eğelerin apikalden taşan debris miktarı üzerindeki etkisi konusunda çelişkili raporlar vardır. ^(11, 16, 84, 85) Bürklein & Schäfer ⁽¹⁶⁾, Mtwo ve ProTaper döner eğeleri kullanılarak yapılan preparasyonun, Reciproc ve WO tek ege sistemlerine kıyasla daha az debris taşması ile ilişkili olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde, Bürklein ve ark. ⁽⁸⁴⁾, OneShape ve Mtwo döner eğelerinin, Reciproc egesine kıyasla daha az debris taşması ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Koçak ve ark. ⁽¹¹⁾ tek eğeli ProTaper F2, Revo-S SU ve Reciproc 25 eğeleri arasında apikalden taşan debris açısından anlamlı bir fark bulamamıştır. Buna karşılık, Tinoco ve ark. ⁽⁸⁶⁾, WO ve Reciproc gibi tek ege sistemlerinin, geleneksel birçok döner ege sisteminden apikal olarak daha az bakteri taşıdığını bulmuştur. Eğelerin kinematiklerinden bağımsız olarak kanal şekillendirme prosedürleri sırasında apikalden taşan debris ve bakteriler, inflamasyona, postoperatif ağrıya ve periapikal iyileşmede gecikmeye neden olabilir. ⁽⁸⁷⁾ Alevlenme insidansının %1,4 ile %16 arasında değiştiği bildirilmiştir. ⁽⁸⁸⁾ Bir enstrümantasyon tekniğinin veya egenin etkinliğini değerlendirmek için bakılan önemli kriterlerden biri de, kök kanal şekillendirmesi sırasında apikalden taşan debris miktarının olduğu vurgulanmıştır. ⁽⁸⁹⁾

2.11. Apikalden Taşan Debris Miktarını Etkileyen Faktörler

2.11.1. Çalışma Boyu

ÇB'nin doğru tespiti tedavinin başarısını önemli ölçüde etkilemektedir. ÇB doğru tespit edilmediğinde, taşkın preparasyon yapılarak kanal içerisindeki enfekte doku artıkları apikalden çevre dokulara itilir. Bunun sonucunda post-operatif ağrı ve şişlik

ile karşılaşılabılır. Çalışma boyunun gerekli boydan kısa tespit edilmesi durumunda ise apikal dallanmaların ve biyofilmin en yoğun olduğu apikal bölgede yeterli preparasyon ve dezenfeksiyon sağlanamaz. Yapılan çalışmalarda ilk olarak apeksin 1 mm gerisinde belirlenen ÇB'nin tam apekte belirlenen boya göre anlamlı derecede daha az debris taşıdığı bildirilmiştir. ^(12, 90) Güncel yapılan bir çalışmada ise apekten 1 mm geride veya apekte belirlenen boylar arasında bir fark olmadığı bildirilmiştir. ⁽⁹¹⁾

2.11.2. Apikal Çap ve Açıklık

Bu konu hakkında yapılan birçok çalışma mevcuttur. Bu araştırmaların çoğunluğu apikal çap ve açıklık ile apikalden taşan debris miktarı arasında anlamlı bir ilişki bulamamıştır. ⁽⁹²⁻⁹⁴⁾ Son yıllarda yapılan bir başka araştırmada, apikalın daha fazla şekillendirildiği durumlar ile az şekillendirildiği durumlar arasında anlamlı bir fark olmadığını bildirmiştir. ⁽⁹⁵⁾ Ayrıca, ÇB'nin apikalden taşan bakteri miktarına etki etmediğini bildiren bir çalışmada, şekillendirme sonrası oluşan apikal açıklık miktarının da apikalden taşan bakteri miktarını anlamlı şekilde etkilemediği bildirilmiştir. ⁽²⁵⁾

2.11.3. İrrigasyon Yöntemi

Kanal tedavisi sırasında periapikal dokulara irrigasyon solüsyonlarının taşması istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle enjektör iğnesinin irrigasyon esnasındaki derinliği çok önemlidir. İrrigasyon iğnenin kanal içerisinde apikale daha yakın konumlandırılması ve yıkama işleminin bu şekilde yapılması sonucunda apikalden daha fazla debris taşıdığı, ancak iğnenin giriş kavitesinde bir rezervuar oluşturularak kanal içerisinde pasif bir şekilde konumlandırılması ve bu şekilde irrigasyonun yapılması durumunda ise apikalden taşan debris miktarının önemli derecede azaltıldığı ileri sürülmüştür. ⁽⁹⁶⁾ Apikalden taşan debris miktarında kullanılan irrigasyon sisteminin ve enjektör tipinin de önemli bir yeri vardır. EndoVac irrigasyon sistemi ile ilgili yapılan bir çalışma ⁽⁹⁷⁾ standart enjektörle ve ultrasonik irrigasyon yöntemiyle kıyaslanmış ve EndoVac'ın diğer 2 yönteme kıyasla anlamlı derecede az debris taşıdığı bildirilmiştir. Yandan perfore enjektörlerin kullanıldığı çalışmalarda standart enjektörlerin kullanıldığına göre daha az debrisin apikalden taşıdığı bildirilmiştir. ^(98, 99)

2.11.4. Kanal Eğesinin Şekli ve Kinematiği

Bu konu üzerine yapılan bir çalışmada ⁽¹⁰⁰⁾ kısa, orta ve uzun bıçaklı eğeler karşılaştırılmış ve kısa bıçaklı olan eğelerin diğerlerine kıyasla apikalden daha az debris taşıdığı ortaya konulmuştur. Bu durum, eğenin çok sayıda yiv ve oluk bulundurması ve bu yiv ve oluklar aracılığıyla debrisin koronale taşınmasına ve bu sayede apikalden daha az debris taşımasına bağlanmıştır.

De-Deus ve ark . ⁽¹⁴⁾ debris ekstrüzyonu açısından geleneksel PTU tekniği ile tek eğe ProTaper F2 arasında hiçbir fark olmadığını bildirdi. Öte yandan Bürklein & Schäfer ⁽¹⁶⁾ , rotasyon ile preparasyonun, resiprokasyon ile hareket eden tek eğe sistemlerine kıyasla daha az debris ekstrüzyonu ile ilişkili olduğu sonucuna vardı.

Literatürde birçok debris taşıması çalışması ⁽¹⁰¹⁻¹⁰³⁾ olmasına rağmen son zamanlarda geliştirilmiş olan ve performansları hakkında yeterli literatür bilgisi olmayan resiprokal hareketli döner eğe sistemlerinden OR hakkında bir tane debris taşıması çalışması ⁽⁷⁷⁾ , TEM eğesi ile ilgili herhangi bir debris taşıması çalışması bulunmamaktadır. Bu çalışma ile; farklı resiprokal hareketli NiTi döner eğe sistemleri ve el eğesi ile prepare edilen dişlerin apikalden taşıdığı debris miktarının incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sıfır hipotezi; kök kanal preparasyonu sırasında resiprokal hareketli preparasyon sistemleri olan TEM, OR, WOG ve el eğesinin apikalden taşıdığı debris miktarları arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamaktadır.

3.GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için; Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından, 05.05.2021 tarihli 289 sayılı kararı ile çalışmanın yapılmasında bilimsel ve etik açıdan bir engel olmadığına karar verildi. Çalışmada, Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı'nda ve yetersiz olduğu durumda ise Antalya Ağız Diş Sağlığı Merkezi'nde ortodontik ve periodontal nedenlerle çekimi planlanmış, 80 adet endodontik tedavi görmemiş, çatlak ve rezorpsiyonu olmayan tek kök ve tek kanala sahip dişler kullanıldı. Dişlerin tek kök kanalına sahip olduğu radyografik olarak doğrulandı ve kanal açısının Schneider'ın sınıflandırmasına göre düz açılı olmasına dikkat edildi. ⁽¹⁰⁴⁾ Seçilen dişlerin kök yüzeylerindeki sert ve yumuşak doku artıkları periodontal küret yardımıyla temizlendi ve dezenfeksiyon amacıyla 2 saat %2,5'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) içerisinde, deneyin yapılacağı zamana kadar ise distile su içerisinde bekletildi.

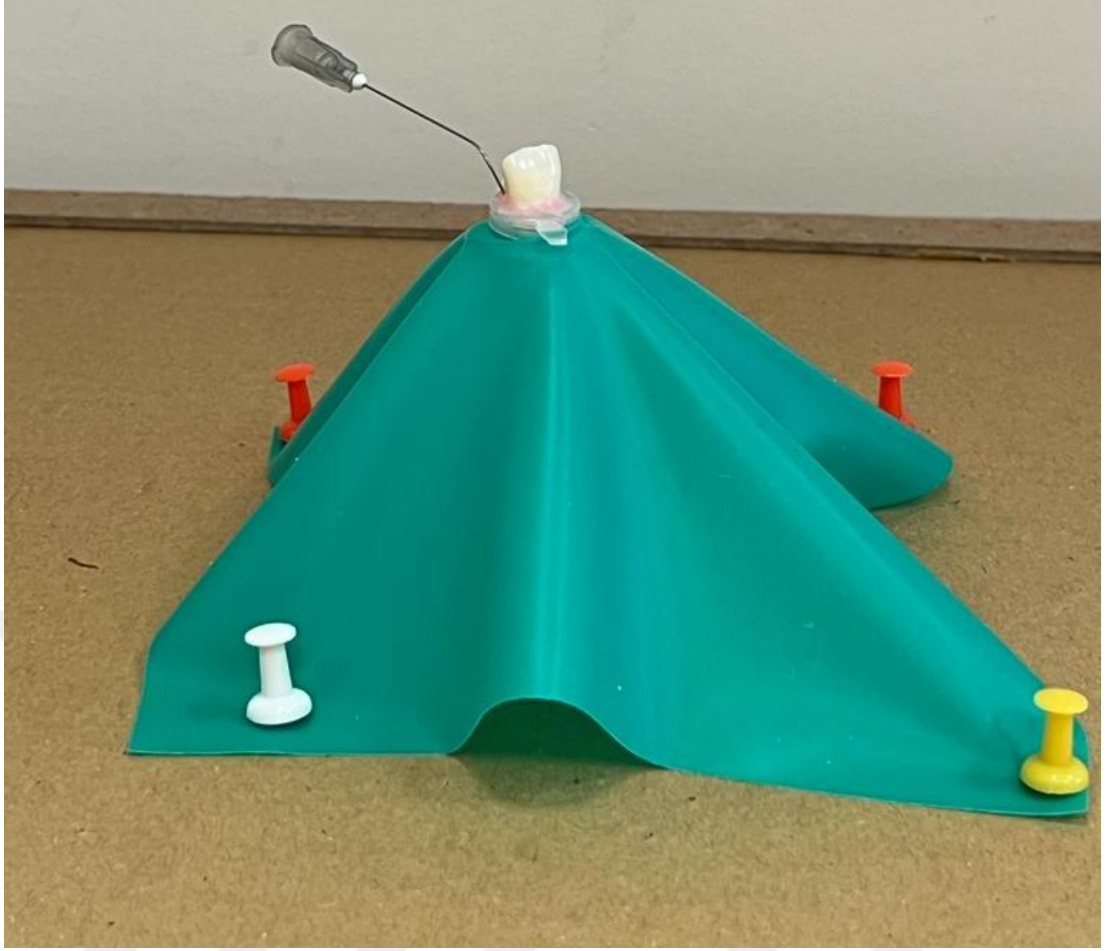
Su soğutması altında fissür elmas frezler kullanılarak tüm dişler 19 ± 1 mm boyunda standardize olacak şekilde kısaltılıp ardından elmas rond frezler ile giriş kaviteleri açıldı. Koronal giriş kaviteleri hazırlandıktan sonra #10 K-tipi (Golden Star Medical Co., Ltd, Çin) el eğesi kullanılarak apikal açıklık kontrol edildi. #15 K-tipi eğenin apikalde sıkıştığı dişler çalışmaya dahil edildi ve ÇB, dental mikroskop (Zumax OMS 2350, Suzhou New District, Çin) altında; kök kanalına yerleştirilen #10 numaralı K-tipi kanal eğesinin ucu apikal açıklıkta görülene kadar eğe kanalda ilerletilip, kanal boyunun 19 ± 1 mm olduğu lastik rondela yardımıyla teyit edildikten sonra çalışma boyu 1 mm geri çekilerek 18 ± 1 mm'de sabitlenmiştir



Şekil 3. 1. Dişlerin Seçimi

3.2. Deney Düzenekinin Oluşturulması

Taşan debris miktarını ölçmek için Myers ve Montgomery⁽⁹⁰⁾ tarafından geliştirilen deney düzenekinin modifikasyonu⁽¹⁰⁵⁾ kullanıldı. Eppendorf tüplerinin kapaklarına stoperi üzerinde ÇB belirlenen dişlerin yerleşebileceği delikler oluşturuldu ve dişler mine sement birleşiminden bu deliklere yerleştirildi. Diş etrafında oluşan boşluklar siyanoakrilat (Pattex Hızlı Yapıştırıcı, İstanbul, Türkiye) ile kapatıldı. Daha sonra bu sistem cam şişenin içine yerleştirildi. Eppendorf tüpü içindeki hava basıncı ve dış ortam hava basıncını dengelemek için, ucu eppendorf tüpü içerisinde kalacak şekilde bir 27 G enjektör iğnesi stopere yerleştirildi ve bu şekilde deney düzenekği elde edildi. Eppendorf tüplerinin kapakları çıkarılarak boş ağırlıkları hassaslık derecesi 10^{-5} olan hassas terazide (Shimadzu AP225WD, Kyoto, Japonya) boş olarak 3 kere ardışık olarak tartıldı. Daha sonra bu ölçümlerin ortalaması alınarak kaydedildi. Eppendorf tüplerinin ağırlıklarının değişmemesi ve herhangi bir şekilde temas edilmemesi için cam flakonların içerisine yerleştirildi. Operatörün tarafsızlığını etkilememesi ve klinik ortamın daha iyi taklit edileceği düşünüldüğü için kurulan sistemin etrafı rubber dam lastiği ile örtülerek işlem sırasında dişin kökünün görünmesi engellendi.



Şekil 3. 2. Deney Düzeneği

3.3. Grupların Oluşturulması ve Kanalların Şekillendirilmesi

Dişler her grupta 20 diş olacak şekilde 4 ana gruba ayrıldı.

Grup 1: T-Endo Must grubu

Üretici firmanın talimatları doğrultusunda Motopex (Woodpecker, Guilin, Çin) endodontik motor önceden ayarlanmış hız ve tork değerlerinde TEM programında çalıştırıldı (Şekil 3.3). #15 K-tipi el eğesiyle ÇB'ye ulaşıldıktan sonra m25 eğesi ile üretici firmanın talimatları doğrultusunda eğe her 3 ileri geri hareketinden sonra (gagalama hareketi) veya direnç ile karşılaşıldığında kanaldan çıkarılıp apikal açıklık #10 K-tipi el eğesiyle kontrol edildikten sonra çalışmaya devam edildi. Bu prosedür ÇB'ye ulaşıncaya kadar devam ettirildi.



Şekil 3. 3. Çalışmada kullanılan TEM eğe sistemi ve çalıştığı program

Grup 2: One RECI Grubu

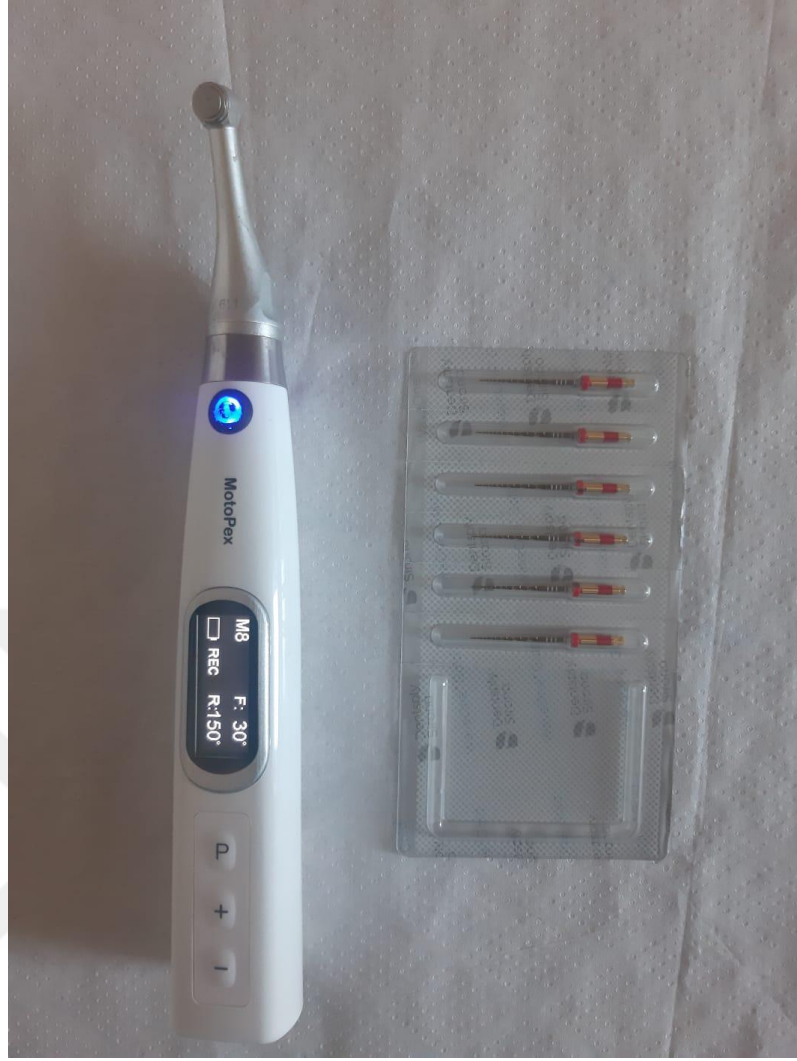
Üretici firmanın talimatları doğrultusunda Motopex (Woodpecker, Guilin, Çin) endodontik motor önceden ayarlanmış hız ve tork değerlerinde çalıştırıldı (Şekil 3.4). #15 K-tipi el eğesiyle ÇB'ye ulaşıldıktan sonra OR 25/04 eğesi, üretici firmanın talimatları doğrultusunda kanal içerisinde apikale doğru hafif basınç altında 3 ileri geri hareket ile ilerletildi. Eğe kanal içerisinde dirençle karşılaştığı noktada geri çekildi. Apikal açıklık #10 K-tipi el eğesiyle kontrol edildikten sonra çalışmaya devam edildi. Bu prosedür ÇB'ye ulaşıncaya kadar devam ettirildi.



Şekil 3. 4. Çalışmada kullanılan OR eğe sistemi ve çalıştığı program

Grup 3: WaveOne Gold Grubu

Üretici firmanın talimatları doğrultusunda Motopex (Woodpecker, Guilin, Çin) endodontik motor önceden ayarlanmış hız ve tork değerlerinde WOG programında çalıştırıldı (Şekil 3.5). #15 K-tipi el eğesiyle ÇB'na ulaşıldıktan sonra WOG Primary eğesi ile üretici firmanın talimatları doğrultusunda Grup 1'e benzer şekilde preparasyon yapıldı.



Şekil 3. 5. Çalışmada kullanılan WOG eğe sistemi ve çalıştığı program

Grup 4: El Eğesi Grubu

Bu gruptaki dişler #25 K-tipi el eğesine kadar genişletildi ve sonrasında #40 K-tipi el eğesine kadar step-back tekniği ile prepare edildi. Sonrasında #30 H-tipi el eğesiyle çevresel eğeleme yapılarak preparasyon tamamlandı. Her eğe değişiminde apikal açıklık #10 K-tipi el eğesiyle kontrol edildikten sonra çalışmaya devam edildi. Bu prosedüre genişletme bitene kadar devam edildi.



Şekil 3. 6. Çalışmada kullanılan K- ve H-tipi eğeler

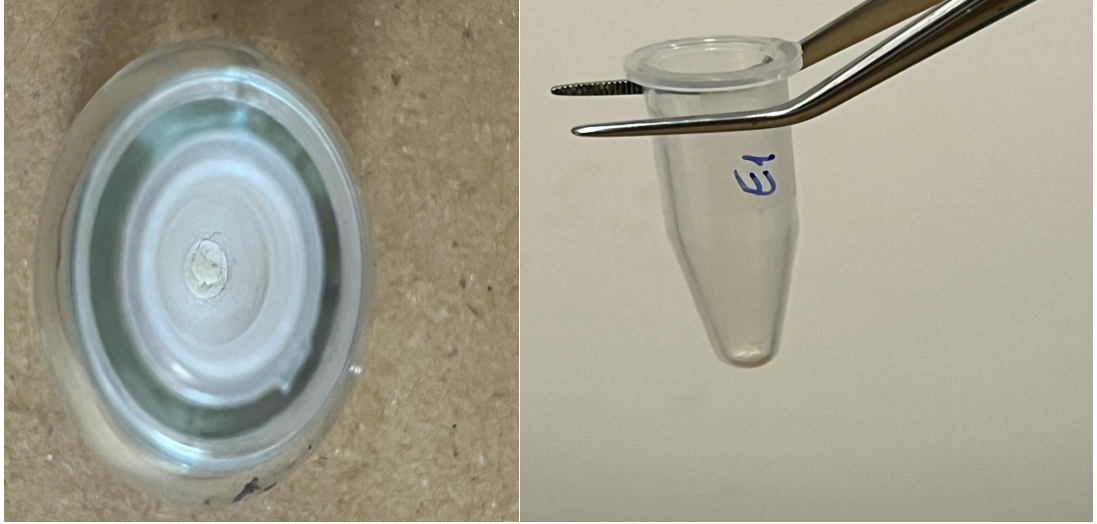
Dört ana gruba ayrılan dişlerin preparasyonu sırasında her eğe arasında ve eğenin kanaldan her çıkarılışında olacak şekilde toplamda 15 mL distile su kullanılarak irrigasyon işlemi tamamlandı. Her eğe kanalda bir kere kullanıldı. Preparasyon bittikten sonra dişlerin kök yüzeylerine yapışan debris kalıntıları eppendorf tüpünde toplanacak şekilde 1 mL distile suyla yıkandı. Daha sonra eppendorf tüpleri ağızları açık olacak şekilde sıvının tamamı buharlaşıp eppendorf tüpü içinde sadece kuru debris kalana kadar inkübatör (EN 300, Nüve, Ankara, Türkiye) içinde 37 °C’de 14 gün bekletildi (Şekil 3.7). Daha önce boş ağırlıkları üç kere ölçülüp ortalama ağırlığı alınan eppendorf tüpleri, beklenen bu sürenin sonunda hassas terazide tekrar 3 kez tartıldı ve ortalaması alındı (Şekil 3.8.). Bu son ölçümden eppendorf tüplerinin içi boşken kaydedilen ağırlık değerleri çıkarıldı ve taşan debrisin ağırlığı elde edildi.



Şekil 3. 7. Örneklerin inkübatörde bekletilmesi



Şekil 3. 8. Hassas Terazi



Şekil 3. 9. Sıvı buharlaştıktan sonra kalan debris

3.4. Verilerin İstatistiksel Analizi

Tüm analizler SPSS Windows (SPSS for Windows, Version 22; SPSS, Inc., Chicago, IL, ABD) bilgisayar yazılımı ile yapıldı. Shapiro wilk testi ile gruptaki sonuçların normal dağılıp dağılmadığına bakıldı. Grupta heterojen bir dağılım olduğu görüldü. Bu nedenle nonparametrik testleri kullanıldı. Kruskal-Wallis testine göre gruplar arası fark olduğu görüldü. Bu nedenle hangi gruplar arasında fark olduğunu görmek üzere Mann-Whitney U testi yapıldı. Anlamlılık düzeyi $P<0,05$ olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

Kök kanal tedavisinde kullanılan 3 farklı resiprokal hareketli kanal eğesi (WOG, OR, TEM) ve el eğesinin apikalden taşıdığı debris miktarını incelediğimiz çalışmamızda verilerin istatistiksel değerlendirmeleri yapılmıştır. Çalışmada kullanılan eğelerin taşıdığı debris miktarları Tablo 4.1.ve Şekil 4.1.'de görülmektedir.

Tablo 4. 1. Taşan debris miktarlarının gruplara göre ortalama değerleri ve standart sapması

	N	Ortalama	Standart Sapma
Grup 1 (TEM)	20	0.00173^a	0.000416
Grup 2 (OR)	20	0.00114^b	0.000280
Grup 3 (WOG)	20	0.00115^b	0.000340
Grup 4 (El Eğesi)	20	0.00309^c	0.001078

*Farklı üst karakterler gruplar arasında $p<0,05$ seviyesinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu göstermektedir.

Yapılan analizler sonucunda el eğesinin bulunduğu Grup 4'ün diğer gruplara göre anlamlı derecede daha fazla debris taşıdığı görülmüştür ($p<0,05$). TEM eğesinin bulunduğu Grup 1, OR ve WOG eğelerinin bulunduğu Grup 2 ve Grup 3'e göre anlamlı derecede daha fazla debris taşımıştır ($p<0,05$). Grup 2 (OR), Grup 3'e (WOG) göre ortalama olarak daha az debris taşımasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).



Şekil 4. 1. Taşan debris miktarının gruplara göre grafiksel olarak dağılımı

5. TARTIŞMA

Çalışmamızda farklı resiprokal hareketli NiTi eğe sistemleri tarafından apikalden taşan debris miktarının incelenmesi amaçlandı. Kök kanal preparasyonu sırasında TEM, OR, WOG ve el eğesinin apikalden taşıdığı debris miktarları istatistiksel olarak fark bulunmasından dolayı çalışmamızın sıfır hipotezi reddedildi.

Kanal preparasyonu, bakteri ve nekrotik pulpa dokularını içeren apikalden ekstrüze edilmiş debris üretir. ⁽¹⁵⁾ Üretilen bu debris, tedavi sırasında apikal ekstrüzyon ile ilgili en önemli komplikasyonlardan biri olan randevular arası alevlenmeleri ortaya çıkarır ve hem hasta hem de uygulayıcı için istenmeyen bir olay olan postoperatif ağrıyı ortaya çıkarabilir. Siqueira ⁽⁸¹⁾ asemptomatik kronik periradiküler lezyonlarda mikrobiyal agresiflik ile konak savunması arasında bir tür denge bulunduğuna dikkat çekmiştir. Araştırmacı ayrıca, kemomekanik preparasyon sırasında mikroorganizmalar apikalden taşıdığına, periradiküler dokuların daha fazla tahriş edici madde tarafından zorlanmasıyla dengenin bozulacağını ve dengeyi yeniden kurmak için akut bir reaksiyonun ortaya çıkacağını vurgulamıştır. ⁽⁸¹⁾ Siqueira ⁽⁸²⁾ ayrıca, mikrobiyotaya ve ürünlerinin periradiküler dokulara taşmasının, bakterilerin sayısına ve / veya virülansına bağlı olacak akut bir inflamatuvar yanıt başlatabileceğini belirtmiştir. Bu koşullar altında, nitel faktörlerden ziyade nicel faktörler, periapikal olarak itilen iritanların miktarını kontrol edecek crown-down preparasyonu gibi bir tekniğin seçilmesiyle, uygulayıcının kontrolü altında olabilir. Mikroorganizmalar alevlenmelerde önemli bir rol oynasa da kontamine olmayan dentin ve pulpa dokusunun da yabancı cisim reaksiyonuna bağlı inflamatuvar bir yanıtı tetikleme potansiyeline sahip olduğu bilinmektedir. Seltzer ve ark. ⁽⁷⁸⁾ tarafından kontamine olmayan dentin ve pulpa dokusunun periapikal inflamasyonu başlatma potansiyeline sahip olabileceği gösterilmiştir. Özetle, apikal ekstrüzyon hem vital hem de nekrotik iritanların periapikal dokular üzerindeki etkisi olarak tanımlanabilir ve bunun sonucunda, postoperatif ağrı, iyileşmenin gecikmesi ve randevular arası alevlenmeler gibi klinik açıdan istenmeyen sonuçlara yol açabilir.

Chapman ve ark. ⁽¹⁰⁶⁾ ilk kez preparasyon sırasında enfekte materyalin kök kanal sisteminden çevre dokulara taşıdığını ortaya koymuşlardır. Çalışmamızda da eğelerden bağımsız olarak tüm dişlerde debris taşması saptandı. Debris taşması

sonucu, randevular arasında akut alevlenmeler meydana gelebilir. Özellikle enfekte kanallarla ilişkili asemptomatik kronik periradiküler lezyonlarda, debrisin taşmasıyla birlikte var olan mikrobiyal denge bozulur ve konakçı dengeyi yeniden kurmak için akut bir enflamasyonu harekete geçirecektir. Bu cevap taşan MO'nun virülansı ve sayısı ile ilişkilidir. ⁽⁸¹⁾ Çalışmamızda daha önceden vital ya da devital olduğu bilinmeyen periodontal ya da ortodontik nedenlerle çekilmiş tek kök yapısına sahip dişler kullanıldı. Standardizasyonun tam olarak sağlanması için Alodeh ve ark. ⁽¹⁰⁷⁾ ve Burroughs ve ark. ⁽¹⁰²⁾ rezin blokları kullanmışlardır. Weine ve ark. ⁽⁵⁾ bu rezin modellerin döner eğelerin incelenmesi için kullanılmasının ideal olmadığını, rotasyon sırasında açığa çıkan ısının rezin modelleri yumuşatabileceğini ayrıca rezin materyalinin dentine benzer şekilde kesilemeyeceğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda rezin blokların net bir klinik performans veremeyeceği düşünüldüğü için, yapılan birçok literatür çalışması ^(15, 103, 108) gibi çekilmiş insan dişleri kullanıldı.

Ozlek ve ark. ⁽¹⁰⁹⁾ yaptıkları çalışmada tek kök tek kanallı mandibular premolar dişleri, Djuric ve ark. ⁽¹¹⁰⁾ mandibular molarların meziobukkal köklerini, Jose ve ark. ⁽¹¹¹⁾ maksiller birinci premolarları, Beeson ve ark. ⁽¹²⁾ ise tek kök tek kanala sahip dişleri kullanmışlardır. Çalışmamızda tek kök ve tek kanal yapısına sahip dişler kullanıldı. Standart bir apikal foramen elde etmek için köklerin #15 K-tipi el eğesiyle apekte sıkıştığı dişler dahil edildi. Böylece apikal bölgede oluşan anatomik farklılıkların en aza indirgenmesi amaçlandı.

Debris taşması çalışmalarında genellikle, <5–10°'lik eğime sahip nispeten düz kök kanallarına sahip tek köklü dişler kullanmıştır. ^(15, 101, 112) Düz kök kanalları ile birlikte eğimli kanalların olduğu dişler de bulunmaktadır. Leonardi ve ark. ⁽¹¹³⁾ 15°-30° eğriliklere sahip köklerle mekanik ve elle şekillendirme yapılarak apikalden taşan debris miktarındaki farklılıkları incelenmiştir. Sonuçta taşan debris miktarı açısından yöntem ve eğim farklılığının etkinliği arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Karataşlıoğlu ve ark. ⁽¹¹⁴⁾, kök kanal eğimlerinin 3B olarak değerlendirildiği yeni bir method kullanarak hafif, orta ve aşırı eğimi olan kanalları Reciproc R25 eğeleriyle prepare edip taşan debris miktarını değerlendirmişler ve sadece 3B hafif ve aşırı eğime sahip kök kanalları arasında önemli farklılıklar tespit etmişlerdir. Çalışmamızdaki farklı ege sistemlerinin taşan debris miktarı karşılaştırılarak değerlendirilmesi amaçlandığından kanal eğimleri olabildiğince düz, 10° eğim ve altında olan tek köklü dişler tercih edilmiştir. Bu sayede eğimden dolayı oluşabilecek

farklılıklar da elimine edilmiştir. ⁽¹⁰⁴⁾ Ayrıca, seçilen dişlerin benzer boy ve ebatta olmalarına dikkat edilmiştir.

Tınaz ve ark. ⁽¹⁰⁸⁾ dişlerin apikal daralımı bozulduğunda el ve NiTi döner eğeler ile preparasyon sırasındaki apikalden taşan debris değerlendirildikleri çalışmalarında her 2 teknikte de apikal daralımın çapı arttıkça daha fazla debrisin taşıdığını tespit etmişlerdir. Bu çalışma ⁽¹⁰⁸⁾ doğrultusunda çalışmamızda apikal olarak gelişimi tamamlanmış, kök ucunda rezorpsiyon, çatlak veya kırık bulunmayan dişler seçildi. Apikal daralımın boyutu, taşan debris miktarının belirlenmesinde önemlidir. Debris taşması çalışmalarının ^(115, 116) çoğunda, apikal çapın standardizasyonu, foramen boyunca belirli bir boyutta eğe yerleştirilerek gerçekleştirilir. Bu oldukça öznel bir standardizasyon aracıdır. Diğer taraftan, genellikle apikal foramenin açıklığını sağladığına ve apikal bölgenin çapı açısından örnekler arasında tutarlılık sağladığına inanılmaktadır. ⁽¹¹⁷⁾ Al-Omari & Dummer ⁽⁹²⁾, taşan debrisin ağırlığı ile biri apikal çap olan kanal şekli parametreleri arasında bir korelasyon olmadığını belirlemiştir. Hinrichs ve ark. ⁽⁹³⁾ ayrıca, kanal uzunluğu, eğrilik ve foramen büyüklüğü gibi faktörlerin taşan debris miktarı üzerinde hiçbir etkisi olmadığı sonucuna varmıştır. Silva ve ark. ⁽⁹¹⁾ tarafından yapılan bir çalışmada, 80 adet tek köklü mandibular kesici dişi ÇB, apikal foramen ve apikal foramenden 1 mm kısa olacak şekilde Reciproc 25.08 ve Reciproc 40.06 eğe sistemleriyle prepare edip, apikaldan taşan debris miktarının farklı apikal boyut ve ÇB'den etkilenip etkilenmediğini test etmişler ve tüm deney grupları arasında apikal olarak taşan debris miktarı açısından anlamlı bir fark bulamamışlardır. Bu çalışma, ÇB ve apikal preparasyon boyutunun, resiprokal tek eğe sistemi ile yapılan preparasyon sonucu taşan debris miktarı üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını göstermiştir. Bizim çalışmamızda da test edilen tüm gruplarda dişlerin apikal çapı 0.25 mm olacak şekilde prepare edildi.

De Moura ve ark. ⁽¹¹⁸⁾ ÇB'nin apikalden debris taşmasına etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında Reciproc ve WOG eğe sistemlerini mandibular birinci molar dişlerin 10°-20° eğimli mezial köklerinde apikal foramende veya apikal foramenden 1 mm kısa olacak şekilde kullanmışlar ve gruplar arasında istatistiksel bir farklılığın olmadığını saptamışlardır. Myers ve Montgomery ⁽⁹⁰⁾ çalışmalarında apikal foramen seviyesinde yapılan preparasyonun, foramenden 1 mm daha kısa yapılan preparasyona kıyasla daha fazla debrisin taşmasına neden olduğunu ortaya

koymuşlardır. Beeson ve ark.⁽¹²⁾ çalışmalarında tek köklü dişleri apikal foramen ve apikal foramenden 1 mm kısa olacak şekilde kullanmışlar ve foramen seviyesinde daha fazla debrisin taşıdığını belirtmişlerdir. Bu çalışmalar arasındaki farklılık, Myers ve Montgomery ve Beeson ve ark. çalışmalarında el eğesinin test edilen gruplar arasında olmasına bağlanabilir. Bu nedenle bizim çalışmamızda da kullanılan dişlerin çalışma boyları apikal foramenden 1 mm kısa olacak şekilde ayarlandı. Ayrıca, tüberkül tepeleri aşındırılarak kanal boyları standardize edilmeye çalışıldı.

Kanal tedavisi esnasında çeşitli irrigasyon solüsyonları kullanılmıştır. Tedavide en çok ve başlıca kullanılan irrigan NaOCl'dir. NaOCl klinik kullanımda çok etkin rol oynasa da⁽¹¹⁹⁻¹²¹⁾ *in vitro* çalışmalarda sonuçları olumsuz yönde etkileyebilir. NaOCl ile yapılan irrigasyon sonucunda solüsyon buharlaştıktan sonra sodyum klorür (NaCl) tuzu, kristalize olup tartım sonucunu olumsuz etkileyebilir.^(18, 115, 116) Bizim çalışmamızda da NaOCl'nin kristal oluşturma ihtimali göz önüne alınarak daha önce yapılan birçok çalışmada^(100, 103, 122) olduğu gibi distile su kullanıldı.

İrrigasyon iğnesinin penetrasyon derinliği apikal yönde ilerlediğinde daha iyi kanal içi temizlik sağlar.^(123, 124) Bununla birlikte, iğne daha da ilerledikçe, sıvı ve debris taşma riski artar. Sedgley ve ark.⁽¹²⁴⁾ irrigasyon iğnesinin ÇB'den 1 mm uzakta konumlandırıldığında 5 mm'ye göre daha fazla bakterinin kök kanalından uzaklaştığını belirtmişlerdir. Boutsoukis ve ark.⁽¹²⁵⁾ yandan perfore ve düz irrigasyon iğnesi ile yaptıkları çalışmada düz irrigasyon iğnesinin ÇB'den 1 mm kısa yerleştirildiğinde apikalde basınç oluşacağını ve kuvvetli debris ekstrüzyonu ile sonuçlanacağını belirtmişlerdir. Yine aynı araştırmacı, irrigasyon iğnesinin ÇB'den ne kadar uzağa yerleştirilirse basıncın azalacağını, bununla birlikte, irrigasyonun etkinliğinin de azalmaması için ÇB'den 2-3 mm uzaklık belirtmiştir. Uzunoğlu-Özyürek ve ark.⁽¹²⁶⁾ ve yaptıkları çalışmada yirmi adet maksiller premolar dişin bukkal ve palatinal köklerini prepare etmişlerdir. Irrigasyon iğnesi bukkal köklere ÇB'den 1 mm, palatinal köklere ise 3 mm kısa olacak şekilde konumlandırılmıştır. İğnenin ÇB'den 1 mm kısa konumlandığı köklerde daha fazla debrisin taşıdığını bulmuşlardır. Perez ve ark.⁽¹²⁷⁾ mandibular azı dişlerinde yaptığı çalışmada irrigasyon iğnelerini ÇB'den 1 ve 5 mm kısa olacak şekilde konumlandırmışlar ve mikro-CT'de kök kanal hacimlerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmanın sonucunda ÇB'den 5 mm kısa konumlandırılan iğnenin kök hacminin, 1 mm kısa

konumlandırılan iğneye göre neredeyse üç kat fazla olduğunu belirtmişlerdir ve kanal içerisinde biriken bu sert doku artıklarının kök kanalı içerisinde irrigasyon solüsyonlarının akışını önleyerek antibakteriyel etkilerini nötralize ettiklerini belirtmişlerdir. Çalışmamızda kullanılan irrigasyon iğneleri yapılan bu literatür çalışmalarına ⁽¹²⁴⁻¹²⁷⁾ bakılarak ÇB'den 2 mm kısa olacak şekilde konumlandırılmıştır.

Kök kanal şekillendirme sırasında periapikal dokulara taşabilecek kalıntıları kantitatif olarak incelemek amacıyla, laboratuvar deney düzenekleri tasarlanmıştır. En çok dikkat çeken ve debris taşması ile ilgili çoğu çalışma tarafından benimsenen sistem, Myers & Montgomery ⁽⁹⁰⁾ tarafından tanımlanan sistemdir. Myers ve Montgomery ⁽⁹⁰⁾ dişleri lastik bir tapa içine geçirmişler; fakat, lastik tapanın altına alüminyum kron asmamışlardır. Lastik tapayı alüminyum kron yerine debris ve irrigasyon solüsyonunu biriktirmek için kullanılan 15-45 mm boyutlarında cam bir şişenin ağzına geçirmişlerdir. Daha sonra bu ufak cam sise 20 ml'lik bir şişenin ağzına yine aynı lastik tapa ile yerleştirilmiştir. İç ve dış basınçları dengelemek için kauçuk tıpanın içine 25 gauge'lik bir iğne yerleştirilmiştir. Debris toplama aparatı farklı çalışmalarda farklılıklar göstermiştir. Debris taşması ile alakalı yapılan çalışmalarda debris veya iriganın biriktirilmesi için çoğunlukla cam şişe ^(15, 108) veya Eppendorf tüpleri ^(11, 128, 129) kullanılmaktadır. Bizim çalışmamızda Myers ve Montgomery ⁽⁹⁰⁾ tarafından geliştirilen deney düzeneğinin modifikasyonu ⁽¹⁰⁵⁾ kullanıldı ve taşan debris eppendorf tüplerinde toplandı. Sonuçların daha güvenilir olması adına diş köklerinin görünmesini engellemek için etrafı lastik örtü ile örtüldü. Apikalden taşan debris miktarının ölçüldüğü çalışmalarda debris ile irrigasyon solüsyonu da taşmaktadır. Taşan bu solüsyonun sağlıklı bir ölçüm yapılması için uzaklaştırılması gerekmektedir. Yapılan birçok çalışmada irrigasyon solüsyonunu uzaklaştırmak için farklı yöntemler kullanılmıştır. Yapılan bir çalışmada ⁽¹³⁰⁾ taşan debrisin biriktirildiği kağıtlar 24 saat süreyle açık havada bekletilerek kurutulmuştur. Ruiz-Hubart ve ark. ⁽¹³¹⁾ yapmış olduğu çalışmada debrisin toplandığı filtreler 110 °C'de 4 dakika bekletilmiş ve nemi uzaklaştırmışlardır. Myers ve Montgomery yapmış olduğu çalışmada taşan irrigasyon solüsyonunu üzerinde kalibreler bulunan kaba aktarmış, kalan debris ise içerisinde kalsiyum klorür kristalleri bulunan desikatöre koyarak tüm nemi uzaklaştırmışlardır. ⁽⁹⁰⁾ Şişeler kuruyana kadar desikatörler 29,4 °C'de bekletilmiştir. Ferraz ve ark. ⁽¹³⁾ ise çalışmasında örnekleri 68 °C'de 5 gün bekleterek taşan irrigasyon solüsyonunu buharlaştırmıştır. Leonardi

ve ark⁽¹¹³⁾ tüplerdeki nemi uzaklaştırmak için örnekleri 37 °C’de kalsiyum klorür kristalleri içeren fırında, debris kuruyana kadar bekletmiştir. Çalışmamızda irrigasyon solüsyonunun uzaklaştırılması için örnekler 37 °C’de 14 gün boyunca inkübatörde bekletilmiştir.

Apikalden debris taşması ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda⁽¹³²⁻¹³⁴⁾ seçilen eğeler araştırmacının tercihinine göre farklılık göstermektedir. Endodontik tedavilerde el eğeleri, rotasyonel hareket yapan ege sistemleri, ultrasonik aletler, resiprokal hareket yapan ege sistemleri, adaptif hareket yapan ege sistemleri kullanılmaktadır. Bizim çalışmamızda kullandığımız ege sistemleri el egesi ve resiprokal hareket yapan ege sistemleri olmak üzere 2 sistemden oluşmaktadır. Kullanılan resiprokal hareketli döner ege sistemleri TEM, OR ve WOG eğeleridir. TEM ve OR, resiprokal hareket yapan ve son zamanlarda geliştirilmiş eğelerdir. Klinik performansları üzerine yapılan literatür çalışmalarını incelediğimizde, TEM egesi ile ilgili debris taşması üzerine yapılan herhangi bir çalışma bulunmamıştır. Bu açıdan baktığımızda yaptığımız çalışmanın klinik kullanıma rehberlik etmesini amaçlamaktayız.

Al-Omari ve Dummer’in⁽⁹²⁾ yaptıkları çalışmada standardize, reaming ile birlikte yapılan step-back, çevresel eğeleme ile yapılan step-back, antikurvatur eğeleme ile yapılan step-back, doubleflare, step-down, basınçsız crown-down, ve balanced force olmak üzere 8 farklı preparasyon tekniğinin apikalden taşan debris miktarına etkisini karşılaştırmışlar ve en fazla debris taşmasının çevresel eğeleme ve antikurvatur eğeleme ile yapılan stepback tekniğinde, en az debris taşmasının ise balanced force ve basınsız crown-down tekniğinde olduğunu saptamışlardır. Mittal ve ark.⁽¹³⁵⁾ tarafından yapılan bir çalışmada manuel preparasyon ve rotasyon hareketi yapan iki döner egeenin apikalden taşan bakteri miktarını karşılaştırdıkları çalışmada step-back tekniğinin kullanıldığı el egesi grubu anlamlı derecede daha fazla debris taşmıştır. Kuştarcı ve ark.⁽¹⁵⁾, crown-down preparasyon tekniğiyle kullandıkları 2 döner ege sistemi ve step-back tekniğiyle kullandıkları el egesi grubunu apikalden taşan debris miktarı açısından karşılaştırmışlar ve crown-down yöntemiyle kullanılan NiTi döner sistemlerin, step-back tekniğine göre önemli ölçüde daha az debrisin apikal olarak taşmasına neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Tinaz ve ark.⁽¹⁰⁸⁾ yaptıkları çalışmada ise dişleri manuel ve döner eğelerle prepare etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda taşan debris miktarı açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı

bir fark bulunamamıştır. Bu çalışmadaki sonucun farklı çıkması, manuel preparasyon yapılırken itme-çekme hareketi yapılmayıp, sadece dönme hareketinin kullanılmasıdır. Bizim çalışmamızda da bu çalışmalara ^(15, 92, 108, 135) paralel olarak step-back tekniği ile prepare edilen el eğesi grubunun en fazla debris taşıdığı ortaya koyulmuştur. Bu sonuç şu şekilde açıklanabilir: debrisin koronale taşınmasını kolaylaştıracak olan eğe-dentin duvarı arasında yeterli boşluğun bulunmaması, step-back tekniğinde kök kanallarının apikal bölgeden genişletilmeye başlanması ve el eğelerinin itme çekme hareketiyle kullanımına bağlı olarak, oluşan debrisin apikal foramenden itilmesidir.

WOG eğe sistemi ile ilgili literatürde birçok çalışma ^(18, 19) olmasına karşın bu çalışmamızda karşılaştırıldığı OR eğesi ile ilgili sadece bir çalışma ⁽⁷⁷⁾, TEM eğesi ile ilgili herhangi bir debris taşıması çalışması yoktur. Kharouf ve ark. ⁽⁷⁷⁾ WOG ve OR eğeleri ile mandibular birinci molarların mezial kanallarını prepare etmişler ve taşın debris miktarını incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda OR eğesinin WOG eğesine göre anlamlı derecede daha az debris taşıdığı gösterilmiştir. Çalışmamızda OR, WOG'ye daha az debris taşımıştır ama istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Çalışmalar arasındaki bu fark, seçilen dişlerin tipine ve kullanılan irrigasyon solüsyonunun miktarına bağlanabilir. OR eğesinin WOG eğesine göre daha az debris taşımasının bir diğer sebebinin de eğelerin kesit şekilleri arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünmekteyiz. OR eğeleri, üçlü sarmal olarak başlayan ve sapa doğru giderek S şekline dönüşen değişken merkez dışı enine kesiti, derin olukla birleştiğinde, koronal yönde debrislerin tahliyesi için daha fazla alan sunmaktadır ⁽⁷⁷⁾. Bu üçlü sarmal ve S-şekilli merkezden sapmış enine kesit, paralelkenar şekilli (WOG) merkezden sapmış enine kesitlerden çok daha fazla debrisin koronal yönde çıkarılmasına olanak sağlar.

Djuric ve ark. ⁽¹³⁶⁾ WOG ile OR eğesine benzer enine kesit şekli bulunan One Curve eğesini taşın debris miktarı açısından karşılaştırmışlar ve sonuçlar bizim çalışmamızla paralellik göstermiştir.

TEM eğesi resiprokal hareket yapan ve son zamanlarda geliştirilmiş olan bir tek eğe sistemidir. TEM eğesi ile ilgili literatürde yapılmış herhangi bir debris taşıması çalışması bulunmamaktadır. Bizim çalışmamızda TEM eğesi, WOG ve OR eğesinden anlamlı derecede fazla debris taşımıştır. TEM eğesinin enine kesit şekline

baktığımızda S şekilli bir enine kesit yapısına sahiptir. Bu farkın TEM egesinin kesitsel tasarımından kaynaklı olduğunu düşünmekteyiz. Bu S şekilli enine kesit, artan bir kesme yeteneği, genellikle artan bir temizleme etkinliği ile ilişkilidir ancak resiprokal hareketle birlikte kullanıldığında apeks doğru debris taşınmasını artırabilir. Keskin ve ark. ⁽¹³⁷⁾yaptıkları debris taşıması çalışmasında WOG ve TEM egesi gibi “S” kesitli bir yapıya sahip olan RB egesini karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda WOG egesi RB’ye göre anlamlı derecede daha az debris taşımıştır. Feghali ve ark. ⁽¹³⁸⁾ yapmış oldukları çalışmada WOG ve RB egelerinin elektron mikroskobu altından çıkan debris miktarını incelemişlerdir. Bu çalışmada da kinematikleri aynı olan egeler arasında RB egesi anlamlı derecede daha fazla debris taşımıştır. Ayrıca, WOG, sahip olduğu paralelkenar kesit yapısı sayesinde koronal yönde debrisin daha iyi kesilmesi, yüklenmesi ve taşınması için alan sağlar.

Diğer taraftan TEM egesi için üretici firmanın önerdiği tork değeri 5 Ncm’dir. Bu değer çalışmadaki diğer aynı kinematiğe sahip resiprokal egeler tork değerlerinden daha yüksektir. Bu yüksek tork değerinin apikalden daha fazla debris taşıdığını düşünmekteyiz. Bu çalışmalar üzerinden dayanak oluşturduğumuz TEM egesi sonuç olarak yeni bir tek ege sistemidir ve bu konuda birçok çalışma gereklidir. Bizim çalışmamızın da bu konuda rehber bir yol oluşturmasını amaçlamaktayız.

Bildiğimiz kadarıyla OR ve TEM egesinin karşılaştırıldığı herhangi bir literatür araştırması yoktur. Bu açıdan da verilerin gelecekteki diğer çalışmalar için rehberlik etmesini amaçlamaktayız. Çalışmamızda OR egesi TEM egesine göre anlamlı derecede daha az debris taşımıştır. OR egeleleri, üçlü sarmal olarak başlayan ve sap kısmına doğru giderek S şekline dönüşen değişken merkez dışı enine kesiti, derin olukla birleştiğinde, koronal yönde debrislerin tahliyesi için daha fazla alan sunmaktadır. Ayrıca, farklı tork ve koniklik değerleri de bu farkın oluşmasında etken olabilir.

Bu çalışmada periapikal direncin simüle edilmemesi ve tek kanal ve $<10^\circ$ eğime sahip dişlerin çalışmaya dahil edilmesi ve diğer dişler için bir genelleme yapılamaması çalışmamızın limitasyonları arasında gösterilebilir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yaptığımız çalışmanın sınırları dahilinde varılan sonuçlar şu şekildedir:

1. Çalışmamızda kullanılan tüm eğe sistemlerinde apikalden debris taşıdığı gözlenmiştir.
2. Çalışmamızda el eğesi ile preparasyonda istatistiksel olarak anlamlı düzeyde en fazla debris taşımıştır.
3. Resiprokal eğeler arasında en fazla debris istatistiksel olarak anlamlı düzeyde TEM grubunda taşımıştır.
4. OR eğesi WOG eğesine göre daha az debris taşımıştır ama istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmamıştır.
5. Son zamanlarda geliştirilen ve çalışmamızda kullanılan NiTi eğe sistemlerinin apikalden taşan debris miktarına etkileri ile ilgili daha fazla sonuç elde edilebilmesi için mevcut araştırmalara yenilerinin eklenmesi ve konu hakkında daha fazla çalışma yapılmasında fayda vardır.

KAYNAKLAR

1. Kirkevang L, Vaeth M.: Prevention and treatment of apical periodontitis. *Essent endod*
2. Seltzer S, Soltanoff W, Sinai I, Goldenberg A, et. al: Biologic aspects of endodontics: Part III. Periapical tissue reactions to root canal instrumentation. *Oral surg, Oral med, Oral pathol* 1968;26(5):694-705.
3. Al-Omari M, Dummer P, Newcombe R.: Comparison of six files to prepare simulated root canals. Part 1. *Int Endod J* 1992;25(2):57-66.
4. Al-Omari M, Dummer P, Newcombe R, Doller R, et. al: Comparison of six files to prepare simulated root canals. Part 2. *Int Endod J* 1992;25(2):67-81.
5. Weine FS, Kelly RF, Lio PJ.: The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod* 1975;1(8):255-62.
6. Hülsmann M, Rummelin C, Schäfers F.: Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endod* 1997;23(5):301-6.
7. Glickman GN, Koch KA.: 21st-century endodontics. *J Am Dent Assoc* 2000;131:395-46S.
8. Esposito PT, Cunningham CJ.: A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. *J Endod* 1995;21(4):173-6.
9. Matwychuk MJ, Bowles WR, McClanahan SB, Hodges JS, et. al: Shaping abilities of two different engine-driven rotary nickel titanium systems or stainless steel balanced-force technique in mandibular molars. *J Endod* 2007;33(7):868-71.
10. Haapasalo M, Shen Y.: Evolution of nickel–titanium instruments: from past to future. *Endod Tpc* 2013;29(1):3-17.
11. Koçak S, Koçak MM, Sağlam BC, Türker SA, et. al: Apical extrusion of debris using self-adjusting file, reciprocating single-file, and 2 rotary instrumentation systems. *J Endod* 2013;39(10):1278-80.
12. Beeson T, Hartwell G, Thornton J, Gunsolley J: Comparison of debris extruded apically in straight canals: conventional filing versus profile. 04 Taper series 29. *J Endod* 1998;24(1):18-22.
13. Ferraz C, Gomes N, Gomes B, Zaia A: Apical extrusion of debris and irrigants using two hand and three engine-driven instrumentation techniques. *Int Endod J* 2001;34(5):354-8.
14. De-Deus G, Brandão MC, Barino B, Di Giorgi K, et. al: Assessment of apically extruded debris produced by the single-file ProTaper F2 technique under reciprocating movement. *Oral Surgery, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol and Endod* 2010;110(3):390-4.
15. Kuştarıcı A, Akpınar KE, Er K.: Apical extrusion of intracanal debris and irrigant following use of various instrumentation techniques. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol and Endod* 2008;105(2):257-62.
16. Bürklein S, Schäfer E.: Apically extruded debris with reciprocating single-file and full-sequence rotary instrumentation systems. *J Endod* 2012;38(6):850-2.
17. Frota MMA, Bernardes RA, Vivan RR, Vivacqua-Gomes N, et. al: Debris extrusion and foraminal deformation produced by reciprocating instruments made of thermally treated NiTi wires. *J Appl Oral Sci* 2018;26.

18. Boijink D, Costa DD, Hoppe CB, Kopper PMP, et. al: Apically extruded debris in curved root canals using the WaveOne Gold reciprocating and Twisted File Adaptive systems. *J Endod* 2018;44(8):1289-92.
19. Roshdy NN, Hassan R.: Quantitative evaluation of apically extruded debris using TRUShape , TruNatomy, and WaveOne Gold in curved canals. *Br Dent J Op* 2022;8(1):13.
20. Peters OA.: Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004;30(8):559-67.
21. Deplazes P, Peters O, Barbakow F.: Comparing Apical Preparations of Root Canals Shaped by Nickel-Titanium Rotary Instruments and Nickel–Titanium Hand Instruments. *J Endod* 2001;27(3):196-202.
22. Tomson PL, Simon SR.: Contemporary Cleaning and Shaping of the Root Canal System. *Prim Dent J*. 2016;5(2):46-53.
23. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, et. al: Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature–Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J* 2008;41(1):6-31.
24. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PM.: Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic topics*. 2005;10(1):30-76.
25. Teixeira J, Cunha F, Jesus R, Silva E: Influence of working length and apical preparation size on apical bacterial extrusion during reciprocating instrumentation. *Int Endod J* 2015;48(7):648-53.
26. Hargreaves. *Cohen's Pathways of the Pulp*. Mosby Elsevier;. 2011.
27. Hoer D, Attin T.: The accuracy of electronic working length determination. *Int Endod J* 2004;37(2):125-31.
28. Ingle JI, Bakland LK, Baumgartner JC. *Ingle's endodontics/John I. Ingle, Leif K. Bakland, J. Craig Baumgartner*. Hamilton, Ont.: BC Decker; 2008.
29. McKendry DJ.: Comparison of balanced forces, endosonic, and step-back filing instrumentation techniques: quantification of extruded apical debris. *J Endod* 1990;16(1):24-7.
30. Loushine RJ, Weller RN, Hartwell GR.: Stereomicroscopic evaluation of canal shape following hand, sonic, and ultrasonic instrumentation. *J Endod* 1989;15(9):417-21.
31. Zmener O, Banegas G.: Comparison of three instrumentation techniques in the preparation of simulated curved root canals. *Int Endod J* 1996;29(5):315-9.
32. Arias A, Peters OA. Present status and future directions: Canal shaping. *Int Endod J*. 2022;55 Suppl 3(Suppl 3):637-55.
33. Paqué F, Ganahl D, Peters OA.: Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro–computed tomography. *J Endod* 2009;35(7):1056-9.
34. Peters OA, Schönenberger K, Laib A.: Effects of four Ni–Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J* 2001;34(3):221-30.
35. Lin LM, Rosenberg PA, Lin J. Do: Procedural errors cause endodontic treatment failure? *J Am Dent Assoc* 2005;136(2):187-93.
36. Degerness RA, Bowles WR. Dimension, anatomy and morphology of the mesiobuccal root canal system in maxillary molars. *J Endod* 2010;36(6):985-9.
37. Garala M, Kuttler S, Hardigan P, Steiner-Carmi R, et. al: A comparison of the minimum canal wall thickness remaining following preparation using two nickel–titanium rotary systems. *Int Endod J* 2003;36(9):636-42.
38. Lim S, Stock C. The risk of perforation in the curved canal: anticurvature filing compared with the stepback technique. *Int Endod J* 1987;20(1):33-9.
39. Younis O.: The effects of sterilization techniques on the properties of intracanal instruments. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol* 1977;43(1):130-4.

40. Schäfer E.: Root canal instruments for manual use: a review. *Dent Traumatol* 1997;13(2):51-64.
41. Ahlquist M, Henningsson O, Hultenby K, Ohlin J.: The effectiveness of manual and rotary techniques in the cleaning of root canals: a scanning electron microscopy study. *Int Endod J* 2001;34(7):533-7.
42. Hülsmann M, Schade M, Schäfers F.: A comparative study of root canal preparation with HERO 642 and Quantec SC rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 2001;34(7):538-46.
43. Ford HP, Ford TP, Rhodes JS.: *Endodontics: problem-solving in clinical practice*: CRC Press; 2002.
44. ELDEEB ME, BORAAS JC.: The effect of different files on the preparation shape of severely curved canals. *Int Endod J* 1985;18(1):1-7.
45. Haznedaroglu F.: Nikel-Titanyum Döner Aletlerle kök kanalı şekillendirilmesi: HERO 642 yöntemi. *Malatya Dişhek Oda Derg.* 1999;17:8-10.
46. Andreasen GF, Hilleman TB. An evaluation of 55 cobalt substituted Nitinol wire for use in orthodontics. *J Am Dent Assoc* 1971;82(6):1373-5.
47. Civjan S, Huget EF, DeSimon LB.: Potential applications of certain nickel-titanium (nitinol) alloys. *J Dent Res* 1975;54(1):89-96.
48. Walia H, Brantley WA, Gerstein H.: An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod* 1988;14(7):346-51.
49. Liang Y, Yue L.: Evolution and development: engine-driven endodontic rotary nickel-titanium instruments. *Int J Oral Sci.* 2022;14(1):12.
50. Versluis A, Kim H-C, Lee W, Kim B-M, et. al: Flexural stiffness and stresses in nickel-titanium rotary files for various pitch and cross-sectional geometries. *J Endod* 2012;38(10):1399-403.
51. Baek S-H, Lee C-J, Versluis A, Kim B-M, et. al: Comparison of torsional stiffness of nickel-titanium rotary files with different geometric characteristics. *J Endod* 2011;37(9):1283-6.
52. Turpin Y, Chagneau F, Vulcain J.: Impact of two theoretical cross-sections on torsional and bending stresses of nickel-titanium root canal instrument models. *J Endod* 2000;26(7):414-7.
53. Xu X, Eng M, Zheng Y, Eng D.: Comparative study of torsional and bending properties for six models of nickel-titanium root canal instruments with different cross-sections. *J Endod* 2006;32(4):372-5.
54. Guppy D, Curtis R, Ford TP.: Dentine chips produced by nickel-titanium rotary instruments. *Dent Traumatol* 2000;16(6):258-64.
55. Koch K, Brave D.: Real world endo: design features of rotary files and how they affect clinical performance. *Oral health.* 2002;92(2):39-49.
56. Jeon I-S, Spångberg LS, Yoon T-C, Kazemi RB, et. al: Smear layer production by 3 rotary reamers with different cutting blade designs in straight root canals: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol and Endod* 2003;96(5):601-7.
57. Schäfer E, Vlassis M.: Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper versus RaCe. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J* 2004;37(4):239-48.
58. Javan NKN, Baradaran LM, Azimi S.: SEM study of root canal walls cleanliness after Ni-Ti rotary and hand instrumentation. *Iran Endod J* 2007;2(1):5.
59. Ruddle CJ.: The protaper technique. *Endodontic topics.* 2005;10(1):187-90.
60. Kim H, Kim H, Lee C, Kim B, et. al: Mechanical response of nickel-titanium instruments with different cross-sectional designs during shaping of simulated curved canals. *Int Endod J* 2009;42(7):593-602.

61. Capar ID, Ertas H, Arslan H.: Comparison of cyclic fatigue resistance of novel nickel-titanium rotary instruments. *Aust Endod J* 2015;41(1):24-8.
62. Silva EJNL, Vieira VCG, Tameirão MDN, Belladonna FG, et al.: Quantitative transportation assessment in curved canals prepared with an off-centered rectangular design system. *Braz Oral Res* 2016;30.
63. Gavini G, Santos Md, Caldeira CL, Machado MEdL, et al.: Nickel–titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz Oral Res* 2018;32.
64. Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS, Scotti N, Cantatore, et. al: Canal shaping with WaveOne Primary reciprocating files and ProTaper system: a comparative study. *J Endod* 2012;38(4):505-9.
65. Özyürek T, Gündoğar M, Uslu G, Yılmaz K, et. al: Cyclic fatigue resistances of Hyflex EDM, WaveOne gold, Reciproc blue and 2shape NiTi rotary files in different artificial canals. *Odontol* 2018;106(4):408-13.
66. Iacono F, Pirani C, Generali L, Bolelli G, et al.: Structural analysis of HyFlex EDM instruments. *Int Endod J* 2017;50(3):303-13.
67. Thompson S.: An overview of nickel–titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J* 2000;33(4):297-310.
68. Kishore A, Gurtu A, Bansal R, Singhal A, et. al: Comparison of canal transportation and centering ability of Twisted Files, HyFlex controlled memory, and Wave One using computed tomography scan: An in vitro study. *J Conserv Dent: JCD*. 2017;20(3):161.
69. Shen Y, Hieawy A, Huang X, Wang Z-j, et. al: Fatigue resistance of a 3-dimensional conforming nickel-titanium rotary instrument in double curvatures. *J Endod* 2016;42(6):961-4.
70. Plotino G, Grande NM, Cotti E, Testarelli L, et. al: Blue treatment enhances cyclic fatigue resistance of vortex nickel-titanium rotary files. *J Endod* 2014;40(9):1451-3.
71. Roane JB, Sabala CL, Duncanson Jr MG.: The “balanced force” concept for instrumentation of curved canals. *J Endod* 1985;11(5):203-11.
72. You S-Y, Bae K-S, Baek S-H, Kum K-Y, et.al: Lifespan of one nickel-titanium rotary file with reciprocating motion in curved root canals. *J Endod* 2010;36(12):1991-4.
73. Varela-Patiño P, Ibañez-Párraga A, Rivas-Mundiña B, Cantatore G, et. al: Alternating versus continuous rotation: a comparative study of the effect on instrument life. *J Endod* 2010;36(1):157-9.
74. Elnaghy A, Elsaka S.: Mechanical properties of ProTaper Gold nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J* 2016;49(11):1073-8.
75. Özyürek T, Yılmaz K, Uslu G.: Shaping ability of Reciproc, WaveOne GOLD, and HyFlex EDM single-file systems in simulated S-shaped canals. *Journal of Endodontics*. 2017;43(5):805-9.
76. Webber J.: Shaping canals with confidence: WaveOne GOLD single-file reciprocating system. *Roots*. 2015;1(3):34-40.
77. Kharouf N, Pedulla E, Nehme W, Akarma K, et. al: Apically Extruded Debris in Curved Root Canals Using a New Reciprocating Single-File Shaping System. *J Endod*. 2022;48(1):117-22.
78. Seltzer S, Naidorf JJ.: Flare-ups in endodontics: I. Etiological factors. *J Endod* 1985;11(11):472-8.
79. Uzun I, Güler B, Özyürek T, Ucarli O, et. al: Assessment of the nickel ion releases from the broken stainless steel and nickel titanium endodontic instruments. *Int J Electrochem Sci*. 2014;9:5812-9.
80. Tanalp J.: A critical analysis of research methods and experimental models to study apical extrusion of debris and irrigants. *Int Endod J*. 2022;55 Suppl 1:153-77.
81. Siqueira Jr JF.: Microbial causes of endodontic flare-ups. *International endodontic journal*. 2003;36(7):453-63.

82. Siqueira Jr JF.: Reaction of periradicular tissues to root canal treatment: benefits and drawbacks. *Endodontic Topics*. 2005;10(1):123-47.
83. Reddy SA, Hicks ML.: Apical extrusion of debris using two hand and two rotary instrumentation techniques. *J Endod* 1998;24(3):180-3.
84. Bürklein S, Benten S, Schäfer E.: Quantitative evaluation of apically extruded debris with different single-file systems: Reciproc, F 360 and One Shape versus M two. *Int Endod J* 2014;47(5):405-9.
85. De-Deus G, Neves A, Silva EJ, Mendonça TA, et al.: Apically extruded dentin debris by reciprocating single-file and multi-file rotary system. *Clin Oral Investig* 2015;19:357-61.
86. Tinoco J, De-Deus G, Tinoco E, Saavedra F, et. al: Apical extrusion of bacteria when using reciprocating single-file and rotary multifile instrumentation systems. *Int Endod J* 2014;47(6):560-6.
87. Silva EJNL, Sá L, Belladonna FG, Neves AA, et. al: Reciprocating versus rotary systems for root filling removal: assessment of the apically extruded material. *J Endod* 2014;40(12):2077-80.
88. Siqueira Jr JF, Rôças IN, Favieri A, Machado AG, et. al Incidence of postoperative pain after intracanal procedures based on an antimicrobial strategy. *J Endod* 2002;28(6):457-60.
89. Parirokh M, Jalali S, Haghdoost AA, Abbott PV.: Comparison of the effect of various irrigants on apically extruded debris after root canal preparation. *J Endod* 2012;38(2):196-9.
90. Myers GL, Montgomery S.: A comparison of weights of debris extruded apically by conventional filing and Canal Master techniques. *J Endod* 1991;17(6):275-9.
91. Silva EJNL, Teixeira JM, Kudsi N, Sassone LM, et.al: Influence of apical preparation size and working length on debris extrusion. *Braz Dent J* 2016;27:28-31.
92. Al-Omari M, Dummer P.: Canal blockage and debris extrusion with eight preparation techniques. *Journal of endodontics*. 1995;21(3):154-8.
93. Hinrichs RE, Walker III WA, Schindler WG. A comparison of amounts of apically extruded debris using handpiece-driven nickel-titanium instrument systems. *J Endod* 1998;24(2):102-6.
94. Lambrianidis T, Tosounidou E, Tzoanopoulou M.: The effect of maintaining apical patency on periapical extrusion. *J Endod* 2001;27(11):696-8.
95. Silva E, Carapiá M, Lopes R, Belladonna F, et. al: Comparison of apically extruded debris after large apical preparations by full-sequence rotary and single-file reciprocating systems. *Int Endod J* 2016;49(7):700-5.
96. Brown DC, Moore BK, Brown Jr CE, Newton CW.: An in vitro study of apical extrusion of sodium hypochlorite during endodontic canal preparation. *J Endod* 1995;21(12):587-91.
97. Tambe VH, Nagmode PS, Vishwas JR, Saujanya K, et. al: Evaluation of the amount of debris extruded apically by using conventional syringe, endovac and ultrasonic irrigation technique: An in vitro study. *J Int Oral Health JIOH*. 2013;5(3):63.
98. Yeter K, Evcil M, Ayranci L, Ersoy I.: Weight of apically extruded debris following use of two canal instrumentation techniques and two designs of irrigation needles. *Int Endod J* 2013;46(9):795-9.
99. Altundasar E, Nagas E, Uyanik O, Serper A.: Debris and irrigant extrusion potential of 2 rotary systems and irrigation needles. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol and Endod* 2011;112(4):e31-e5.
100. Elmsallati EA, Wadachi R, Suda H.: Extrusion of debris after use of rotary nickel-titanium files with different pitch: a pilot study. *Aust Endod J* 2009;35(2):65-9.
101. Kuştarıcı A, Er K.: Efficacy of laser activated irrigation on apically extruded debris with different preparation systems. *Photomed Las Surg* 2015;33(7):384-9.

102. Gungor OE, Kustarci A.: Evaluation of apically extruded debris using two NiTi systems associated with two irrigation techniques in primary teeth. *J Clin Ped Dent* 2016;40(6):490-5.
103. Kustarci A, Akdemir N, Siso SH, Altunbas D.: Apical extrusion of intracanal debris using two engine driven and step-back instrumentation techniques: an in-vitro study. *Europ J Dent* 2008;2(04):233-9.
104. Schneider SW.: A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral surg, Oral med, Oral pathol* 1971;32(2):271-5.
105. Er K, Sümer Z, Akpınar K.: Apical extrusion of intracanal bacteria following use of two engine-driven instrumentation techniques. *Int Endod J* 2005;38(12):871-6.
106. Chapman C, Collee J, Beagrie G.: A preliminary report on the correlation between apical infection and instrumentation in endodontics. *Int Endod J* 1968;2(1):7-11.
107. Alodeh M, Dummer P.: A comparison of the ability of K-files and Hedstrom files to shape simulated root canals in resin blocks. *Int Endod J* 1989;22(5):226-35.
108. Tinaz AC, Alacam T, Uzun O, Maden M, et. al: The effect of disruption of apical constriction on periapical extrusion. *J Endod* 2005;31(7):533-5.
109. Ozlek E, Neelakantan P, Khan K, Cheung GS, et. al: Debris extrusion during root canal preparation with nickel-titanium instruments using liquid and gel formulations of sodium hypochlorite in vitro. *Aust Endod J* 2021;47(2):130-6.
110. Predin Djuric N, Van Der Vyver P, Vorster M, Vally ZI.: Comparison of apical debris extrusion using clockwise and counter-clockwise single-file reciprocation of rotary and reciprocating systems. *Aust Endod J* 2021;47(3):394-400.
111. Jose J, Thamilselvan A, Teja KV, Rossi-Fedele G.: Influence of access cavity design, sodium hypochlorite formulation and XP-endo Shaper usage on apical debris extrusion—A laboratory investigation. *Aust Endod J* 2022.
112. Altunbas D, Kutuk B, Toyoglu M, Kutlu G, et. al: Reciproc versus Twisted file for root canal filling removal: assessment of apically extruded debris. *J Ist Uni Fac of Dent* 2016;50(2):31.
113. Leonardi LE, Atlas DM, Raiden G.: Apical extrusion of debris by manual and mechanical instrumentation. *Braz Dent J* 2007;18:16-9.
114. Karataslioglu E, Arslan H, Er G, Avci E.: Influence of canal curvature on the amount of apically extruded debris determined by using three-dimensional determination method. *Aust Endod J* 2019;45(2):216-24.
115. Gunes B, Yeter KY.: Effects of different glide path files on apical debris extrusion in curved root canals. *J Endod* 2018;44(7):1191-4.
116. Kirchhoff AL, Fariniuk LF, Mello I.: Apical extrusion of debris in flat-oval root canals after using different instrumentation systems. *J Endod* 2015;41(2):237-41.
117. Tanalp J, Güngör T.: Apical extrusion of debris: a literature review of an inherent occurrence during root canal treatment. *Int Endod J* 2014;47(3):211-21.
118. Mendonca de Moura JD, Bueno C, Fontana CE, Pelegri RA.: Extrusion of Debris from Curved Root Canals Instrumented up to Different Working Lengths Using Different Reciprocating Systems. *J Endod.* 2019;45(7):930-4.
119. Siqueira Jr JF, Rôças IN, Favieri A, Lima KC.: Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod* 2000;26(6):331-4.
120. Dunavant TR, Regan JD, Glickman GN, Solomon ES, et. al: Comparative evaluation of endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod* 2006;32(6):527-31.
121. Williamson AE, Cardon JW, Drake DR.: Antimicrobial susceptibility of monoculture biofilms of a clinical isolate of *Enterococcus faecalis*. *J Endod* 2009;35(1):95-7.

122. Koçak M, Çiçek E, Koçak S, Sağlam B, et. al: Comparison of ProTaper Next and HyFlex instruments on apical debris extrusion in curved canals. *Int Endod J* 2016;49(10):996-1000.
123. Abou-Rass M, Piccinino MV.: The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol* 1982;54(3):323-8.
124. Sedgley C, Nagel A, Hall D, Applegate B.: Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. *Int Endod J* 2005;38(2):97-104.
125. Boutsoukis C, Lambrianidis T, Verhaagen B, Versluis M, et. al: The effect of needle-insertion depth on the irrigant flow in the root canal: evaluation using an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod* 2010;36(10):1664-8.
126. Uzunoglu-Özyürek E, Karaaslan H, Türker SA, Özçelik B.: Influence of size and insertion depth of irrigation needle on debris extrusion and sealer penetration. *Rest Dent & Endod* 2017;43(1).
127. Perez R, Neves A, Belladonna F, Silva E, et al.: Impact of needle insertion depth on the removal of hard-tissue debris. *Int Endod J* 2017;50(6):560-8.
128. Haridas K, Hariharan M, Singh P, Varughese A, et. al: Effect of instrumentation techniques and kinematics on apical extrusion of debris: An in vitro study. *J Contemp Dent Pract.* 2019;20(9):1067-70.
129. Kırıcı D, Koç S, Kuştarıcı A.: Effects of different glide path techniques on the amount of extruded debris and preparation times during root canal preparation. *J Dent Res, Den Clin, Dent Prospects* 2020;14(3):187.
130. Brilliant J, Vandevisse J.: Effect of irrigation on the production of extruded material at the root apex during instrumentation. *J Endod* 1975;7:243-6.
131. Ruiz-Hubard EE, Gutmann JL, Wagner MJ.: A quantitative assessment of canal debris forced periapically during root canal instrumentation using two different techniques. *J Endod* 1987;13(12):554-8.
132. Mustafa R, Al Omari T, Al-Nasrawi S, Al Fodeh R, et. al: Evaluating in vitro performance of novel nickel-titanium rotary system (TruNatomy) based on debris extrusion and preparation time from severely curved canals. *J Endod* 2021;47(6):976-81.
133. Azar NG, Ebrahimi G. Apically-extruded debris using the ProTaper system. *Aust Endod J* 2005;31(1):21-3.
134. Verma M, Meena N, Kumari RA, Mallandur S, et. al: Comparison of apical debris extrusion during root canal preparation using instrumentation techniques with two operating principles: An in vitro study. *J Conserv Dent* 2017;20(2):96.
135. Mittal R, Singla MG, Garg A, Dhawan A.: A Comparison of Apical Bacterial Extrusion in Manual, ProTaper Rotary, and One Shape Rotary Instrumentation Techniques. *J Endod.* 2015;41(12):2040-4.
136. Predin Djuric N, Van Der Vyver P, Vorster M, Vally ZI.: Comparison of apical debris extrusion using clockwise and counter-clockwise single-file reciprocation of rotary and reciprocating systems. *Aust Endod J.* 2021;47(3):394-400.
137. Keskin C, Sariyilmaz E.: Apically extruded debris and irrigants during root canal filling material removal using Reciproc Blue, WaveOne Gold, R-Endo and ProTaper Next systems. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2018;12(4):272-6.
138. Feghali M, Jabbour E, Koyess E, Sabbagh J.: Scanning electron microscopy evaluation of debris and smear layer generated by two instruments used in reciprocating motion WaveOne Gold(R) and Reciproc Blue(R). *Aust Endod J.* 2019;45(3):388-93.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Abdullah	Uyruğu	T.C
Soyadı	BAŞOĞLU	Tel no	
Doğum tarihi		e-posta	

Eğitim Bilgileri

Mezun olduğu kurum		Mezuniyet yılı
Lise	Antalya Lisesi	2013
Lisans/Yüksek Lisans	Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2019
Uzmanlık		

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (yıl-yıl)
Araştırma Görevlisi	Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2019-

Yabancı Dilleri	Sınav türü	Puanı

Proje Deneyimi

Proje Adı	Destekleyen kurum	Süre (Yıl-Yıl)