

T.C
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANA BİLİM DALI

EĞİMLİ KANALLARDA FARKLI ÖN GENİŞLETME
EĞELERİNİN APEKALDEN TAŞAN DEBRİS MİKTARI
ÜZERİNE ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Hazırlayan
Dt. Özge KURT

Danışman
Prof. Dr. Yakup ÜSTÜN

Uzmanlık Tezi

Haziran 2022

KAYSERİ

T.C
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANA BİLİM DALI

EĞİMLİ KANALLARDA FARKLI ÖN GENİŞLETME
EĞELERİNİN APEKALDEN TAŞAN DEBRİS MİKTARI
ÜZERİNE ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI
(UZMANLIK TEZİ)

Hazırlayan
Dt. Özge KURT

Danışman
Prof. Dr. Yakup ÜSTÜN

Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından TDH-2021-11366 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Haziran 2022
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı:

İmza:

YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI

“Eğimli Kanallarda Farklı Ön Genişletme Eğelerinin Apikalden Taşan Debris Miktarı Üzerine Etkisinin Karşılaştırılması” adlı Uzmanlık Tezi Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Dt. Özge KURT

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Yakup ÜSTÜN

Endodonti ABD Başkanı

Prof. Dr. H. Sinan TOPÇUOĞLU

KABUL VE ONAY SAYFASI

Prof. Dr. Yakup ÜSTÜN danışmanlığında Özge KURT tarafından hazırlanan “Eğimli Kanallarda Farklı Ön Genişletme Eğelerinin Apikalden Taşan Debris Miktarı Üzerine Etkisinin Karşılaştırılması” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı’nda Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

....../....../2022

JÜRİ

imza

Danışman: Prof. Dr.Yakup ÜSTÜN

Üye: Prof. Dr. Burak SAĞSEN

Üye: Doç. Dr. Burhan Can ÇANAKÇI

ONAY

Bu tezin kabulü Fakülte Anabilim Dalının tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Endodonti Anabilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. H. Sinan TOPÇUOĞLU

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve tecrübeleriyle yoluma ışık tutan ve mesleki gelişimimde büyük katkıları olan tez danışman hocam Prof. Dr. Yakup ÜSTÜN'e

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren anabilim dalımız öğretim üyeleri Prof. Dr. Burak SAĞSEN, Prof. Dr. H. Sinan TOPÇUOĞLU, Doç. Dr. Tuğrul ASLAN ve Dr. Öğr. Üyesi Salih DÜZGÜN'e

Asistanlığım süresince desteklerini esirgemeyen araştırma görevlisi arkadaşlarıma ve Endodonti Anabilim Dalı personeline,

Her daim sevgisini hissettiğim ve elimi bir an olsun bırakmayan sevgili annem Ümmügülsüm KURT'a, desteği ve fedakarlığı sayesinde bugünlere gelebilmemi sağlayan babam Beyhan KURT'a, bana inancını bir an olsun yitirmeyen en büyük destekçilerim kardeşim F. Kübra KURT, ablam Seyhan KURT ARIK ve biricik oğluma,

Sonsuz şükranlarımı sunarım...

Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından TDH-2021- 1136 kodlu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden ötürü Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimine teşekkür ederim.

EĞİMLİ KANALLARDA FARKLI ÖN GENİŞLETME EĞELERİNİN APİKALDEN TAŞAN DEBRİS MİKTARI ÜZERİNE ETKİSİNİN

KARŞILAŞTIRILMASI

Özge KURT

Erciyes Üniversitesi, Diş Hekimliği

Fakültesi Endodonti Ana Bilim Dalı

Uzmanlık Tezi, Haziran 2022

Danışman: Prof. Dr. Yakup ÜSTÜN

ÖZET

Bu in vitro çalışmanın amacı; ön genişletme yapılarak (Ni-Ti döner ön genişletme eğeler ve manuel K-tipi ege ile) ve ön genişletme yapılmadan kök kanal şekillendirmenin Rotate ege ile tamamlandığı eğimli kök kanallarında apikalden taşan debris miktarının karşılaştırılmasıdır. Çalışmada 25° ile 35° arasında kök kanal eğimine sahip olan 96 adet alt çene birinci büyük azı insan dişi kullanıldı. Giriş kaviteleri açıldıktan sonra ISO 10 numaralı K tipi ege'nin ucu apikal açıklıkta görününceye kadar ege kanal içinde ilerletildi ve bu boydan 1 mm çıkarılarak çalışma boyu belirlendi. Çalışmaya *dâhil* edilen bütün dişlerin distal kökleri uzaklaştırıldı ve mezial köklerin çalışma uzunlukları 19 mm olacak şekilde ayarlandı. Kökler ağırlığı daha önceden ölçülmüş eppendorf tüplerine sabitlendi ve deney düzeneği oluşturuldu. Gruplar kök kanal preparasyonuna göre rastgele 6 deney grubuna ayrıldı. ProGlider grubu (n=16): Ön genişletme için ProGlider (#0.16) ege kullanıldı. R-Pilot grubu (n=16): Ön genişletme için R-Pilot ege kullanıldı. WaveOne Gold Glider grubu (n=16): Ön genişletme için WaveOne Gold Glider ege kullanıldı. Trunatomy Glider grubu (n=16): Ön genişletme için Trunatomy Glider ege kullanıldı. Ön genişletme yapılmayan grup (n=16): Ön genişletme yapılmadan kök kanal şekillendirme tamamlandı. Son genişletme olarak bütün gruplarda Rotate (25/0.04) ege kullanıldı. Kök kanalları üretici firmanın talimatları doğrultusunda şekillendirildi. Tüm irrigasyon işlemlerinde distile su kullanıldı. Kök kanal şekillendirme işlemi tamamlandıktan sonra eppendorf tüpleri, kuru debris tartılmadan önce tüm nemin buharlaşması amacıyla 5 gün boyunca 70°'de bir etüvde bekletildi. Apikalden taşan debris daha önceden ağırlığı 10⁻⁵ hassasiyetindeki hassas terazi ile tartılmış eppendorf tüplerinde toplandı. Kök kanal şekillendirme sonrası

eppendorf tüplerinin ağırlıkları başlangıç ağırlıklarından çıkarılarak apikalden taşan debris miktarının ağırlığı hesaplandı. Elde edilen verilerin istatistiksel analizi Tek Yönlü ANOVA testi kullanılarak yapıldı. Tüm gruplarda apikalden debris taşkınılığı görüldü. Tüm gruplar arasında en fazla apikalden taşan debris miktarı ön genişletme yapılmayan grubunda ve en az apikalden taşan debris miktarı R-Pilot grubunda meydana gelmiş olup istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalara bakıldığında, tüm gruplar arasında anlamlı fark olduğu görülmüştür ($p<0,05$). ProGlider ve WaveOne Gold Glider ($p=0,02$) ile R-Pilot ve Trunatomy Glider grupları ($p=0,0423$) arasındaki farklar düşük olsa da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Eğimli kanal, ön genişletme eğeleri, debris taşması

COMPARISON OF THE EFFECT OF DIFFERENT GLIDE PATH FILES ON AMOUNT OF APICALLY EXTRUDED DEBRIS IN CURVED ROOT CANALS

Özge KURT

Erciyes University, Faculty of Dentistry

Endodontics Specialization Thesis, June 2022

Supervisor: Prof. Dr. Yakup ÜSTÜN

ABSTRACT

The aim of the present study is to compare the amount of apically extruded debris in curved root canals where root canal shaping was completed with a Rotate file with and without a glide path (with Ni-Ti rotary glide path files and manual K-file).

In the present study, 96 mandibular first molar teeth with root canal curvature between 25° and 35° were used. After the access cavities were opened, the file was advanced in the canal until the tip of the a size 10 K type file was visible in the apical opening, and the working length was determined by subtracting one mm from this length. The distal roots of all teeth were removed, and the working length of the mesial roots was adjusted to be 19 mm. Roots were fixed in pre-measured Eppendorf tubes and experimental setup was created. The groups were randomly divided into six experimental groups according to the root canal preparation. ProGlider group (n=16): A ProGlider (#0.16) file was used for glide path. R-Pilot group (n=16): A R-Pilot file was used for glide path. WaveOne Gold Glider group (n=16): A WaveOne Gold Glider file was used for glide path. Trunatomy Glider group (n=16): A Trunatomy Glider file was used for glide path. Group without a glide path (n=16): Root canal preparation was completed without a glide path. Rotate (25/0.04) files were used in all groups as a final preparation.

Root canals were shaped in accordance with the manufacturer's instructions. Distilled water was used in all irrigation procedures. After the root canal shaping was completed, the Eppendorf tubes were incubated at 70° for 5 days to evaporate all moisture before weighing the dry debris. Apically extruded debris was collected in Eppendorf tubes that were previously weighed with precision balances at a precision of 10⁻⁵. After root canal shaping, the weights of the Eppendorf tubes were subtracted from the initial weights and the weight of the apically extruded debris was calculated. Statistical analysis of the obtained data was performed using the One-Way ANOVA test. Apical extruded of

debris was observed in all groups. Among all groups, the highest amount of apically extruded debris was found in the without a glide path group, and the least apical extruded debris was in the R-Pilot group, which was statistically significant ($p<0.05$). When the pairwise comparisons between the groups were examined, it was seen that there was a significant difference between all groups ($p<0.05$). Although the differences between ProGlider and WaveOne Gold Glider ($p=0.02$) and R-Pilot and Trunatomy Glider groups ($p=0.0423$) were low, they were statistically significant.

Key Words: Curved canal, glide path files, debris extrusion



İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
ONAY	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR ve SİMGELER	xii
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kök Kanal Tedavisi.....	3
2.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi.....	3
2.3. Kök Kanal Şekillendirmesini Etkileyen Faktörler	4
2.3.1. Kök Kanal Anatomisi	4
2.3.2. Kök Kanal Eğimleri.....	4
2.3.2.1. Kök Kanal Eğimlerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler	5
2.3.2.1.1. Schneider Yöntemi:	5
2.3.2.1.2. Weine Yöntemi:	6
2.3.2.1.3. Hankis ve El Deeb Yöntemi:	6
2.3.2.1.4. Pruett Yöntemi:	6
2.3.3. Kök Kanal Şekillendirme Yöntemleri	7
2.4. Kök Kanal Boşluğunun Temizlenmesi ve Şekillendirilmesinde Kullanılan Eşeler	11

2.4.1. Paslanmaz Çelik Eğeler	11
2.4.2. Nikel- Titanyum Eğeler	11
2.4.2.1. Birinci Jenerasyon Ni-Ti Döner Ege Sistemleri	14
2.4.2.2. İkinci Jenerasyon Ni-Ti Döner Ege Sistemleri	15
2.4.2.3. Üçüncü Jenerasyon Ni-Ti Döner Ege Sistemleri	15
2.4.2.4. Dördüncü Jenerasyon Ni-Ti Döner Ege Sistemleri	15
2.4.2.5. Beşinci Jenerasyon Ni-Ti Döner Ege Sistemleri	15
2.5. Rehber Yol (Glide Path) Tanımı ve Önemi	16
2.5.1. Rehber Yol Oluşturma Metodları	16
2.5.1.1. K tipi ege ile rehber yol oluşturma	17
2.5.1.2. Resiprokal hareket yapan başlıklarla kullanılan K tipi ege	17
2.5.1.3. Döner aletler ile kullanılan Ni-Ti eğeler ile rehber yol oluşturma	18
2.6. Çalışmamızda Kullanılan Sistemler	19
2.6.1. Proglider (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre)	19
2.6.2. WaveOne Gold Glider (Dentsply, Maillefer)	20
2.6.3. Trunatomy Glider (Dentsply Sirona)	20
2.6.4. K-tipi Ege (Dentsply Maillefer)	21
2.6.5. R-Pilot (VDW, Munich, Almanya)	22
2.6.6. Rotate (VDW, Münih, Almanya)	23
2.7. Periapikal Dokulara Kök Kanal Tedavi Sonrası Debris Çıkışı	24
2.7.1. Debris Çıkışına Etki Eden Faktörler	24
2.7.1.1. Apikal Çap ve Açıklığın Apikalden Taşan Debris Miktarı Üzerine Etkisi	24
2.7.1.2. Çalışma Boyu ve Eğenin Apikal Foramene Olan Uzaklığının Apikalden Taşan Debris Miktarı Üzerine Etkisi	24
2.7.1.3. Kök Kanal Eğiminin Apikalden Taşan Debris Miktarı Üzerine Etkisi	25

2.7.1.4. Alet Tasarımının Apikalden Taşan Debris Miktarı Üzerine Etkisi	25
2.7.1.5. İrrigasyon İğnelerinin Uç Çapları, Şekillerinin ve İrrigasyon Sistemlerinin Apikalden Taşan Debris Miktarı Üzerine Etkisi	26
3. GEREÇ VE YÖNTEM	28
3.1. Çalışmada Kullanılacak Dişlerin Seçilmesi	28
3.2. Diş Köklerinin Standardizasyonu ve Kanalların Hazırlanması.....	29
3.3. Deney Düzeneklerinin Hazırlanması	30
3.4. Kök Kanal Preparasyonları ve Deney Grupları.....	32
3.4.1. Grup 1 (ProGlider)	33
3.4.2. Grup 2 (R-Pilot).....	34
3.4.3. Grup 3 (WaveOne Gold Glider)	34
3.4.4. Grup 4 (Trunatomy Glider)	35
3.4.5. Grup 5 (K-files)	36
3.4.6. Grup 6 (Ön genişletme yapılmayan)	36
3.5. Apikalden Taşan Debris Miktarının Değerlendirilmesi	37
3.6. Verilerin İstatistiksel Analizi	38
4.BULGULAR.....	39
5. TARTIŞMA	44
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	55
7. KAYNAKLAR	57

KISALTMALAR ve SİMGELER

%	: Yüzde
°C	: Santigrat Derece
Af	: Austenit finish
Ark	: Arkadaşlar
As	: Austenit start
E	: 10 üzeri değer
G	: Gauge
kg	: Kilogram
Mf	: Martensit finish
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
Ms	: Martensit start
n	: Örnek sayısı
NaOCl	: Sodyum hipoklorit
Ni-Ti	: Nikel-titanium
NOL	: Naval Ordinance Laboratory
N/cm:	Newton/santimetre
p	: Anlamlılık değeri
PIPS	: Photon-Induced Photoacoustic Streaming
R	: Ara Faz
rpm	: Dakikadaki devir sayısı
SAF	: Self- Adjusting File
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
SS	: Standart sapma

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Apikalden taşan debris için gruplara göre tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçlar	39
Tablo 2. Apikalden taşan debris miktarı için grupların ikili karşılaştırılması.....	42



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.2.	Pruett yöntemine göre kök kanal eğiminin belirlenmesi	7
Şekil 2.1.	Sıcaklık etkisiyle gerçekleşen östenit-martensit faz dönüşümün şematik gösterimi.....	13
Şekil 2.2.	Şekil hafıza etkisi ve süperelastiklik mekanizmasının şematik olarak gösterimi Düz ok, şekil hafıza yolunu; çizgili ok, ise süperelastiklik yolunu (stres kaynaklı) göstermektedir.	14
Şekil 3.1.	Proglider eğesi.....	19
Şekil 3.2.	Eğelerin farklı taper dizaynı	20
Şekil 3.3.	WaveOne Gold Glider.....	20
Şekil 3.4.	Trunatomy Glider	21
Şekil 3.5.	K-Tipi Eğe.....	21
Şekil 3.6.	R-Pilot	22
Şekil 3.7.	R-Pilot giriş yolu eğesinin S-şekilli kesiti.....	23
Şekil 3.8.	VDW.Rotate	23
Şekil 4.1.	Schneider, Schäfer ve ark. yöntemlerine göre kanalın eğimi ve eğrilik yarıçapı ölçümü	29
Şekil 4.2.	Apikalden taşan debrisin toplanması için kurulan düzenek (A) ve düzeneğin alüminyum folyo ile kaplanmış hali (B)	30
Şekil 4.3.	Ağırlık ölçümleri için kullanılan hassas terazi	31
Şekil 4.4.	Dişeti Bariyeri	31
Şekil 4.5.	X-Smart Plus endodontik motor.....	32
Şekil 4.6.	Çalışmada kullanılan Proglider kanal eğesi	33
Şekil 4.7.	Çalışmada kullanılan Rotate kanal eğesi.....	33
Şekil 4.8.	Çalışmada kullanılan R-Pilot kanal eğesi.....	34
Şekil 4.9.	Çalışmada kullanılan WaveOne Gold Glider kanal eğesi.....	35
Şekil 4.10.	Çalışmada kullanılan Trunatomy Glider kanal eğesi	35
Şekil 4.11.	Çalışmada kullanılan K-files kanal eğeleri	36

Şekil 4.12. Distile suyun uzaklaştırılması amacıyla kullanılan etüv cihazı	37
Şekil 5.1. Her grubun medyan, ortalama, minimum ve maksimum değerlerini gösteren, apikal taşan debris miktarının kutu grafiği	41
Şekil 5.2. Grupların apikalden taşan debris miktarını gösteren kutu grafiği ile Anova ve ikili karşılaştırma sonuçlar	43



1.GİRİŞ VE AMAÇ

Endodontik tedavi, hastaların kendi doğal dişlerinin fonksiyon ve estetiğini koruyarak kök kanal sisteminin mikroorganizmalardan, nekrotik veya enfekte artıklardan temizlenmesi, dezenfeksiyonu, kök kanalının sızdırmaz bir şekilde üç boyutlu olarak doldurulmasıdır [1].

Kök kanal sisteminin temizlenmesi ve şekillendirilmesi, endodontik eğeler ve irrigasyon solüsyonları ile kemomekanik preparasyon ile sağlanır [2, 3]. Paslanmaz çelik eğeler, uzun yıllardır mekanik preparasyon için kullanılmıştır ancak özellikle eğimli kök kanallarında perforasyon, kök kanal transportasyonu, basamak oluşumuna sebep olma gibi çeşitli dezavantajları vardır [2]. Nikel-titanyum (Ni-Ti) döner eğelerin geliştirilmesiyle, daha kısa sürede kök kanal şekillendirilmesi yapılmaktadır [4]. Ni-Ti döner eğelerin avantajlarına rağmen, klinik kullanımları sırasında torsiyonel ya da döngüsel yorgunluk nedeniyle kırılma riski taşımaktadır [5, 6]. Enstrümantasyon sırasında aşırı apikal basınç uygulanmasıyla eğe kök kanalı içerisinde dönerken uç ya da herhangi bir kısmının kanal içerisinde sıkışmasıyla torsiyonel yorgunluğa bağlı kırılma gerçekleşmektedir [6]. Ni-Ti döner eğeler ile şekillendirme sırasında oluşabilecek komplikasyonları önlemek amacıyla koronal genişletme ve ön genişletme (preflaring) yaparak rehber yol oluşturmamız tavsiye edilmektedir [7-10].

“Rehber yol = Glide path” kök kanallarının, kanal ağzından fizyolojik apekse kadar olan engelsiz açıklığı olarak tanımlanmaktadır [11]. Rehber yol, el eğeleriyle veya döner eğeler kullanılarak gerçekleştirilebilir [6]. Ni-Ti döner eğelerin kırılma oranını azaltmak için el eğeleriyle ön genişletme yapılması için paslanmaz çelik K-tipi el eğeler tavsiye edilmiştir [10]. Bununla birlikte, eğimli veya dar kanallarda ön genişletme için paslanmaz çelik el eğelerinin kullanılması zaman alıcı ve zor olabilmektedir [12]. Bu nedenle, daha güvenli ve daha hızlı ön genişletme için Ni-Ti döner ön genişletme eğelerinin kullanılması önerilmiştir [13]. Ön genişletme için K-tipi el eğelerin kullanılması Ni-Ti döner eğelere kıyasla apikalden taşan debris miktarının daha fazla

olmasına yol açar [14]. Apikalden taşan debris, flare up ve postoperatif periapikal inflamasyon gibi postoperatif komplikasyonlara neden olabilir [15, 16].

Son zamanlarda, birkaç firma, kök kanallarına ön genişletme yapılması için farklı Ni-Ti döner ön genişletme eğeri üretti. Ön genişletme eğesi olan ProGlider (Dentsply Sirona; Ballaigues, İsviçre) 0,16 mm uç boyutuna ve %2 ile %6 arasında değişen koniklik açısına sahip şekil hafızalı Ni-Ti telinden üretilmiştir [17]. R-Pilot (VDW; Münih, Almanya) 0,12 mm uç boyutuna %4 koniklik açısına sahip M – wire (M-telinden) üretilmiştir [18]. WaveOne Gold Glider (Dentsply Sirona, İsviçre), eğenin yüzeyi yeni bir ısıtma işlemiyle oluşturulmuş gold alaşımından üretilmiştir. WaveOne Gold Glider 0,15 mm uç boyutuna ve %2 ile %6 arasında değişen koniklik açısına sahiptir [18]. TruNatomy Glider (Dentsply Sirona, Ballaigues, İsviçre), 0,17 mm uç boyutuna, ortalanmış çapraz kesit paralelkenar tasarımına ve %2' lik bir koniklik açısına sahiptir [19]. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, tek bir kök kanal preparasyon eğesi ile kök kanallarını şekillendirirken, farklı kinematiğe sahip ön genişletme eğelerinin apikalden taşan debris üzerine etkisini değerlendirmektir.

Sıfır hipotezimiz, Rotate (VDW GmbH, Munich, Almanya) eğesi ile kök kanalları şekillendirirken farklı ön genişletme eğeleri kullanıldıktan sonra apikalden taşan debris miktarında hiçbir fark olmayacağı yönündedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök Kanal Tedavisi

Kök kanal tedavisinin amacı, kanal sisteminin koronalden apikale doğru konik bir formda şekillendirilmesi, vital ya da nekrotik pulpalı dişlerde, mikrobiyal enfeksiyonun önlenmesi veya ortadan kaldırılması [1, 20] ardından biyouyumlu kök kanal dolgu maddeleri ile sızdırmaz bir şekilde doldurularak tekrardan enfekte olmasını önlemektir [21, 22].

Kök kanal tedavisinin başarısı, doğru teşhise, kök kanallarının etkili biyomekanik temizlenmesine, şekillendirilmesine, dezenfeksiyonuna, koronal ve apikalden sızdırmaz bir şekilde kök kanal boşluğunun üç boyutlu doldurulmasına bağlıdır [23]. Bu amaçla, kök kanalının orijinal formunun korunması, apikal foramenin orijinal şeklinin ve pozisyonunun bozulmadan kök ucu açıklığının olabildiğince dar tutulması gerekmektedir [21].

2.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Kök kanal tedavisinin başarısı birçok faktöre bağlı olmakla birlikte en önemli adımlarından bir tanesi kök kanallarının şekillendirilmesidir.

Kök kanal sisteminin tam olarak şekillendirilmesi; irrigasyon solüsyonları ve kanal içi medikamentler için yeterli boşluk sağlanmasında, kök kanalının etkili bir biçimde doldurulmasında ve dişin mikrobiyal enfeksiyonlarda odak haline gelmesini önlemede önemli bir role sahiptir [1]. Kök kanal sisteminin mekanik enstrümantasyonu, kanal irrigasyonu sırasında irrigantların ve antibakteriyel ilaçların bakterileri yok etmesine ve bakteri ürünlerine karşı daha etkili hale gelmesine yarayan gerekli alan oluşturduğundan, kök kanal şekillendirmesinin önemli bir aşamasıdır [21]. Hülsmann ve ark. [24], kök kanal şekillendirilmesinin başlıca hedeflerini aşağıdaki şekilde özetlemiştir:

1. Vital ve nekrotik dokunun kök kanal boşluğundan çıkartılması,
2. Kanal içi ilaçların ve irrigasyon ajanı için yeterli alan oluşturulması,
3. Apikal kanal anatomisinin bütünlüğünün ve lokalizasyonunun muhafaza edilmesi,
4. Kök yapısı ve kanal sisteminde olası iyatrojenik hatalardan kaçınılması,
5. Kök kanal dolumunun kolaylaştırılması,
6. Periradiküler dokularda oluşabilecek irritasyon ve/veya enfeksiyonun önlenmesi,
7. Dişin uzun dönem ağız içinde fonksiyonunu sağlamak için kök dentinin korunması gerekmektedir.

Kök kanal tedavisinde başarı, ana hedefi kemomekanik temizlik olmak üzere birçok faktöre bağlıdır. Mekanik enstrümantasyon, dezenfeksiyon işlemleri ve irrigasyon için boşluk sağlar [25]. Kemomekanik şekillendirme ile kök kanal boşluğundan mikroorganizmalar uzaklaştırılır ve enflamasyonun devam etmesine sebep olabilecek apikal foramenden debrisin taşması önlenir [26].

2.3. Kök Kanal Şekillendirmesini Etkileyen Faktörler

2.3.1. Kök Kanal Anatomisi

Kök kanal sisteminde, ana kanalın haricinde anatomik varyasyonlar (lateral, aksesuar ve C-şekilli kanallar, isthmuslar, furkasyon ve apikalde görülen delta ve dallanmalar) mevcuttur [27, 28]. Bu varyasyonlar nedeniyle kemomekanik şekillendirmenin eksik kalması sonucu enfekte pulpa ve nekrotik doku kalıntıları inatçı enfeksiyonlara yol açarak tedavide başarısızlığa sebep olabilir [29]. Çok köklü dişlerin kök kanal anatomisinin daha kompleks yapıya sahip olduğu belirtilmiştir ve alt büyük azı dişlerinde furkasyon bölgesinde yoğun aksesuar kanalların varlığı bazı çalışmalarda saptanmıştır [30].

2.3.2. Kök Kanal Eğimleri

Kök kanal şekillendirme eğelerinin doğal dişler üzerinde test edilmesi sırasında kök kanallarının farklı anatomik formlarından dolayı çeşitli zorluklar ile karşılaşılmaktadır. Bu zorluklar, kök kanallarındaki eğim derecelerinin matematiksel olarak sınıflandırması ve uluslararası bir standart oluşturulması ihtiyacını gündeme getirmiştir [31].

Kök kanal sisteminin büyük kısmında belirli derecelerde eğim bulunmaktadır. Eğimin derecesine bağlı olarak şekillendirmede bir takım zorluklar ortaya çıkmaktadır. Eğimli kök kanallarının şekillendirilmesinde, kullanılan eğelerin esnekliği ve çapı, uygulanan şekillendirme tekniği ve foramen apikalenin yeri tedavinin başarısını etkileyen faktörlerdir [32].

2.3.2.1. Kök Kanal Eğimlerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

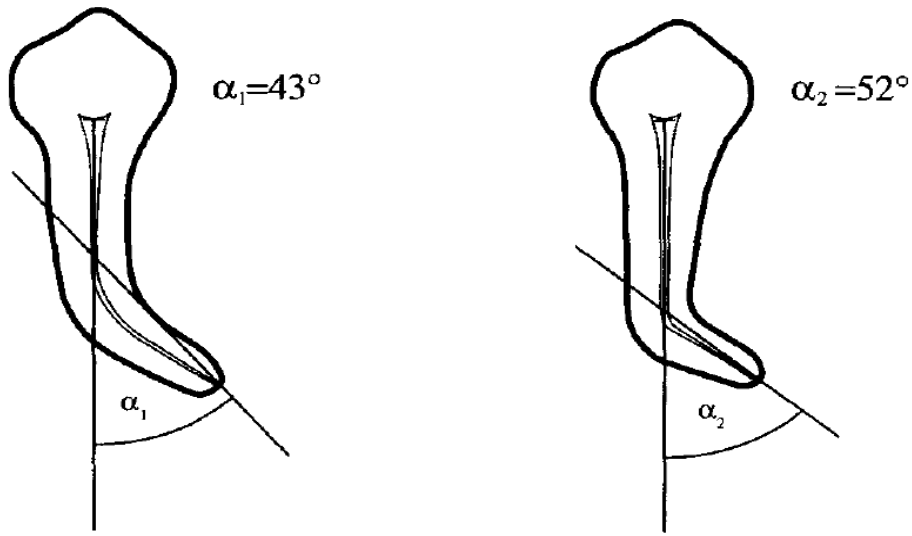
Kanal eğimlerinin belirlenmesi amacıyla araştırmacılar çeşitli yöntemler geliştirmişlerdir:

1. Schneider yöntemi
2. Weine yöntemi
3. Hankis ve El Deeb yöntemi (Uzun Eksen Tekniği)
4. Pruett yöntemi

2.3.2.1.1. Schneider Yöntemi:

1971 yılında Schneider [33] tarafından tanımlanan kanal eğimlerinin belirlenmesinde literatürde en sık kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, radyograf üzerinde ilk olarak kök kanalının koronal üçlünün uzun aksına paralel olarak bir doğru çizilir, ikinci doğru ise foramen apikaleden, ilk doğrunun kanalın uzun aksını terk ettiği noktaya çizilerek bu iki doğru arasında oluşan dar açının derecesi kanal eğimini verir [33]. (Şekil 1.1). Schneider oluşan derecelere göre kök kanal eğimini üç şekilde sınıflandırmıştır:

1. Düz: 5° veya daha az açığa sahip olan kanallar
2. Orta eğimli: $10-20^{\circ}$ arasında bir açığa sahip olan kanallar
3. Şiddetli eğimli: $25-70^{\circ}$ arasında bir açığa sahip olan kanallar



Şekil 1.1. Schneider yöntemine göre kök kanal eğiminin belirlenmesi [33]

2.3.2.1.2. Weine Yöntemi:

Weine, 1982 yılında yaptığı bir çalışmada Schneider yöntemine alternatif bir yöntem geliştirmiştir [34]. Bu yöntemde yine ilk olarak, kanal ağzından başlayıp kök kanal seyrini takip eden ilk doğru çizilir, sonrasında apikal foramen ile eğimin bittiği nokta arasında da ikinci doğru çizilir ve bu iki doğrunun kesiştiği yerde oluşan dar açı kanalın eğrilik derecesini verir [35]. Weine [34] tanımladığı yöntemde 30°'nin üzerindeki kanallar aşırı eğimli kanallar olarak nitelendirirken; Schneider [33], 20°'den daha eğimli kanalları aşırı eğimli olarak adlandırılmıştır.

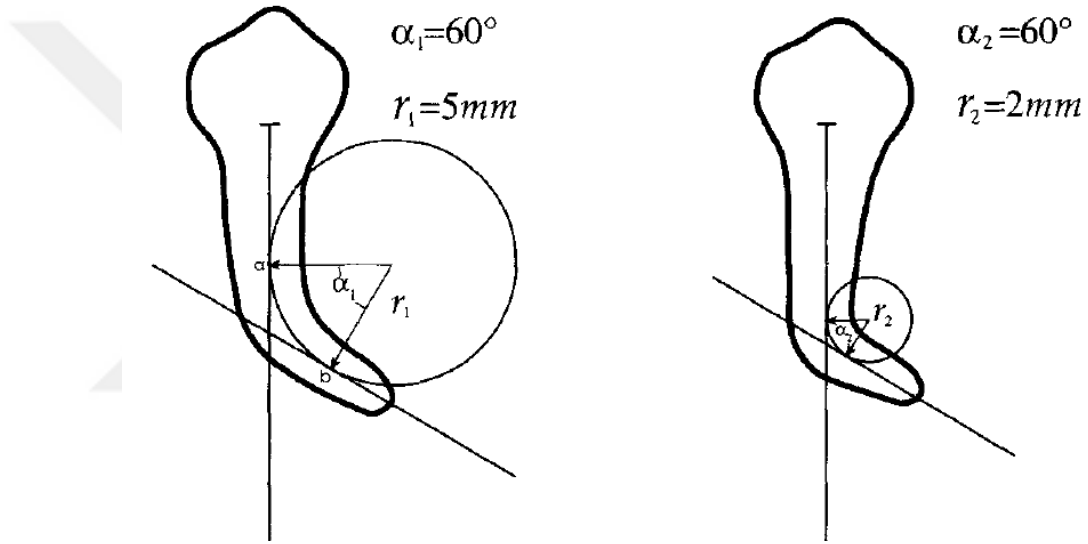
2.3.2.1.3. Hankis ve El Deeb Yöntemi:

Schneider ve Weine yöntemlerinde dişin koronal kısımda çizilen ilk doğruların apikaldeki gerçek eğimi etkileyebileceğini düşünerek ve bu etkinin ortadan kaldırılabilmesi amacıyla "Long Axis Tekniğini (LAT)" geliştirilmiştir. Öncelikle dişin uzun aksına paralel bir ilk doğru çizilir; sonrasında kökün apikal 1/3' ten geçen apikal foramen ile eğimin bittiği nokta arasından da ikinci doğru çizilir ve bu iki doğrunun kesiştiği yerde oluşan dar açı kanalın eğrilik derecesini verir [36]. Bu yöntem ile koronal kısım enstrümantasyon nedeniyle düzleştirilmiş olsa bile, kanalın apikal kısmındaki eğriliği daha doğru bir şekilde ölçmek amacıyla geliştirilmiştir [36].

2.3.2.1.4. Pruett Yöntemi:

Pruett ve ark. [37] araştırmalarında kanal eğiminin belirlenmesinde; eğrilik derecesi ve eğrilik yarıçapının önemli bir etken olduğunu belirtmişlerdir. Bu yöntemde, öncelikle

dişin koronal bölümde kanalın merkezinden geçen bir ilk doğru çizilir, sonrasında kökün apikal bölümde kanalın merkezinden geçen ikinci bir doğru çizilir. Koronaldeki doğru üzerinde bulunan eğimin başlangıç noktası ile apikaldeki doğru üzerinde bulunan eğimin bitiş noktasına teğet olacak şekilde bir çember çizilir. Çemberin bu noktaları arasında kalan yayı gören merkez açısı kanal eğimini verir (Şekil 1.2). Kanal eğiminin açısı ve yarıçapı birbirinden bağımsızdır yani aynı kanal eğim açısına sahip kanalların yarıçapları farklı değerlerde olabilir. Kök kanallarının yarıçapının azalması ya da eğim açısının artması kanalın zorluk derecesini artırır [37].



Şekil 1.2. Pruett yöntemine göre kök kanal eğiminin belirlenmesi [37]

2.3.3. Kök Kanal Şekillendirme Yöntemleri

Kök kanal şekillendirilmesinde günümüze kadar farklı eğeler ve yöntemler kullanılmıştır. Bunlar el eğeleri ve döner sistemlerle kök kanal şekillendirilmesi, sonik ve ultrasonikler ile kök kanal şekillendirilmesi, lazer sistemlerinin kullanımı ve kanal eğesi kullanılmadan yapılan (noninstrumental teknik) şekillendirme tipleri olarak özetlenebilir [24].

Kök kanal şekillendirme yöntemleri genel olarak, apikalden koronale ya da koronalden apikale doğru olacak şekilde iki başlık altında toplanmıştır: [38]

Apikalden koronale doğru uygulanan şekillendirme yöntemleri: Kök kanal şekillendirmesine apikalden başlanır. Dişin kanal boyu belirlendikten sonra küçük

numaralı eğelerden büyük numaralı eğelere doğru uygulanarak kök kanalına konik form verilir.

1. Standardize preperasyon yöntemi
2. Step-back yöntemi
3. Balanced-force (dengeli kuvvet) yöntemi

Koronalden apikale doğru uygulanan şekillendirme yöntemleri: Kök kanal şekillendirmesine koronalden başlanır. Dişin kanal boyu belirlendikten sonra büyük numaralı eğelerden küçük numaralı eğelere doğru kullanılarak kökün apikal üçlüsüne engelsiz bir biçimde ulaşılır.

1. Step-down yöntemi
2. Double-flared yöntemi
3. Crown-down basınçsız yöntemi

Beer ise şekillendirme yöntemlerini kanal eğelerinin hareket prensibine göre iki başlık altında sınıflandırmıştır: [39]

Dönme hareketi esasına dayalı yöntemler

1. Step-back yöntemi
2. Crown-down basınçsız yöntemi
3. Step-down yöntemi
4. Balanced-force (dengeli kuvvet) yöntemi

Lineer eğeleme esasına dayalı yöntemler

1. Korono-apikal yöntem
2. Antikurvatür eğeleme yöntemi
3. Double-flared yöntemi

Standardize Preperasyon Yöntemi (Apikal Stop Preperasyonu, Geleneksel Yöntem):

Ingle tarafından tanıtılan bu yöntemde şekillendirme prosedürüne kök kanal duvarlarına temas ederek apikal foramene ilerleyen ilk kanal eğesi ile başlanır. Ancak

şekillendirmenin hangi kanal eğesi ile tamamlanacağı belirtilmemiştir. Sıklıkla eğimli olmayan ve dar kanallarda uygulamaya daha elverişli bir yöntemdir. Bu şekillendirme yöntemiyle eğimli kanallarda apikalden koronale doğru konik form oluşturmak mümkün değildir. [40]

Step Back Yöntemi:

1969 yılında Clem tarafından ileri sürülen bu yöntem [41] daha sonra 1970’li yıllarda Weine tarafından geliştirilmiştir [42]. Bu yöntemde ilk kural fizyolojik apikal foramenin orijinal şekil ve genişliğinin korunmasıdır. Bu yöntemde; kök kanal şekillendirme esnasında fizyolojik foramen genişletilmeden şekillendirme koronale doğru yapılır ve bu sayede apikal foramenin orijinal şekil ve genişliği korunur. Güvenli bir yöntem olması nedeniyle kök kanal şekillendirme işlemlerinde standart yöntem olarak önerilmiştir [42, 43].

Balanced Force Yöntemi:

Roane tarafından tanıtilen bu yöntem eğimli kanalların şekillendirilmesinde kullanılır. Bu yöntem için Flex-R kanal eğeleri kullanılır. Bu eğeler özel tasarlanan yuvarlatılmış uçlu, üçgen kesitlidir. Basıncsız bir şekilde kanala yerleştirilen Flex-R kanal eğeleri, saat yönünde döndürülerek dentine bağlanır ve daha sonra basınç uygulanarak saat yönünün tersine hareket ile dentinde kesme işlemi yapılır. Son olarak eğe tekrar saat yönüne hareket uygulanarak rahatlatılarak kanaldan çıkarılır. Bu yöntemde transportasyonu önlemek hedeflenmiştir [44].

Step Down Yöntemi:

Goerig ve ark. [45] tarafından 1982’de ileri sürülen bu yöntemde öncelikle koronal şekillendirme yapılır. Bu yöntemin amacı, kanal eğelerinin apikal bölgeye daha rahat ulaşabilmesini sağlamaktır. Bu sayede hem kanal eğelerinin hem de irrigasyon solüsyonlarının etkinliği artmaktadır.

Double-flared Yöntemi:

1983 yılında Fava [46] tarafından tanımlanan bu yöntemde, koronal kısımda yapılan ilk şekillendirme crown down yöntemiyle, devamında hazırlanan kanal formu step back yöntemi ile yapılır. Bu yöntemin amacı, şekillendirme işlemleri esnasında debris artıklarının ve mikroorganizmaların apikalden taşmasını engellemektir.

Crown Down Yöntemi:

1984 yılında Morgon ve Montgomery [47] tarafından tanımlanan bu yöntemde eğeler büyükten küçüğe doğru kullanılarak öncelikle koronal bölge şekillendirilir. Koronal kısımdaki dentin, daha büyük koniklik açısına sahip eğelerle uzaklaştırılır ve bu sayede daha küçük koniklik açısına sahip ve daha küçük boyutlu kanal eğelerinin apikal bölgeye ulaşması sağlanır [48].

Antikurvatur Eğeleme Yöntemi:

1980 yılında Abou-Rass tarafından ileri sürülen bu yöntemde, çevresel eğeleme yapılmadan önceden eğim verilmiş eğelerle kanal dış eğiminden daha fazla eğeleme yapılmaktadır. Bu yöntemin amacı, kanal duvarı ince olan bölgelerde strip perforasyonu engellemektir [49].

Korono-apikal Yöntem:

Griesinger ve ark. [50] tarafından 1993 yılında ileri sürülen bu yöntemin amacı “step-back” ve “crown-down” yöntemlerinin avantajlarını bir araya getirmektir.

Ni-Ti döner ege sistemleri crown down tekniğinin çalışma prensibini esas almaktadır. Bu yöntem sayesinde kanal eğelerinde meydana gelen torsiyonel stres azalmakta ve ege kırığı riskinin önüne geçilmektedir [44]. Regan ve Gutmann crown down yönteminin biyolojik ve klinik açıdan faydalarını şu şekilde belirtmişlerdir: [48]

1. Öncelikle koronal bölgedeki debrisin uzaklaştırılması ile kanal içeriklerinin periapikal bölgeye itilmesinin önlenmesi,
2. Debrisin periapikal bölgeye itilmesi sonucu postoperatif ağrının minimize edilmesi,
3. Koronal bölgede ege sıkışmasının engellenmesine bağlı çalışma boyu tespitinin kolaylaşması,
4. Kanala düz bir giriş yapılmasıyla eğimli kanalların apikal uçlusu düz bir hatla ulaşım sağladığından basamak, perforasyon gibi hatalı uygulamaların daha az görülmesi,
5. Kullanılan ege ve kanal duvarı arasında temas daha az olduğu için ege kırıkları ve deformasyonların engellenmesi,

6. Kanal yolundaki engellerin azaltılması, pulpa taşının kolaylıkla kaldırılması,
7. Enfekte doku artıklarının ve pulpa dokusunun kök kanalından rahatlıkla uzaklaştırılması sağlanır.

2.4. Kök Kanal Boşluğunun Temizlenmesi ve Şekillendirilmesinde Kullanılan Eğeler

2.4.1. Paslanmaz Çelik Eğeler

Paslanmaz çelikten üretilen kanal aletleri tasarımlarına göre, K-tipi eğe, H-tipi eğe ve reamer olmak üzere 3 tiptir [21, 24]. Reamerlar ve eğeler arasındaki farklılıklar, reamerların hem itme çekme hareketiyle hem de rotasyon hareketiyle kullanılabilir olmaları ve el eğelerinin üretim işlemindeki farklılıklara dayanır [51]. Reamerlar ve K-tipi eğeler, üçgen ve kare şeklindeki tellerin burulmasıyla oluşur ve rotasyon hareketiyle kullanılmak üzere üretilmişlerdir [52]. H-tipi eğeler paslanmaz çelik tellerin yontulmasıyla oluşturulur ve bu eğeler itme çekme hareketiyle kullanılabilir. H-tipi eğelerin çok fazla kullanımı strip perforasyonlarına ve kök dentininde incelmeye neden olabilir [53]. Doğrusal hareketlerle kullanılan H-tipi eğelerin kesme etkinliği, reamerlar ve K-tipi eğelerden daha iyidir [52].

K-tipi eğeler, H-tipi eğeler ve reamerların yeterince esnek olmamaları ve özellikle eğimli kanallarda kök kanallarını doğru şekillendiremedikleri için, yeni eğe arayışları ortaya çıkmıştır [54]. Bu sayede K-Flexofile, K-Flex eğe, Flex-R eğe, Flexoreamer ve Flexicut gibi daha yüksek esnekliğe sahip paslanmaz çelik eğeler üretilmeye başlanmıştır [55]. Canal Master, Flexogates ve Heliapikal eğelerin, apikal kısımlarının kesme etkinlikleri azaltılarak, kök kanal şekillendirilmesi sırasında oluşabilecek hataları önlemek amaçlanmıştır [56, 57]. Ancak aşırı eğimli kanallarda kullanıldıklarında, esnek paslanmaz çelik eğelerin bile kök kanal şeklinde sapmalara neden olabileceği bildirilmiştir [52, 54]. Paslanmaz çelik eğelerin dezavantajlarını ortadan kaldırmak amacıyla, günümüzde de yaygın olarak kullanılan Ni-Ti eğeler üretilmiştir [58].

2.4.2. Nikel- Titanyum Eğeler

Ni-Ti alaşımı, 1960 yılında metalürji uzmanı W. F. Buehler tarafından Naval Ordinance Laboratory (NOL)'de uzay programı için araştırdığı manyetik olmayan, sudan etkilenmeyen, tuza ve suya dayanıklı, şekil hafızalı alaşım geliştirilmiştir [59]. Alaşıma,

yapısına katılan metallerin isimlerinden yola çıkılarak nitinol olarak tanımlanmıştır: ni nikel, ti titanyum ve nol Naval Ordnance Laboratory için kullanılmıştır [59].

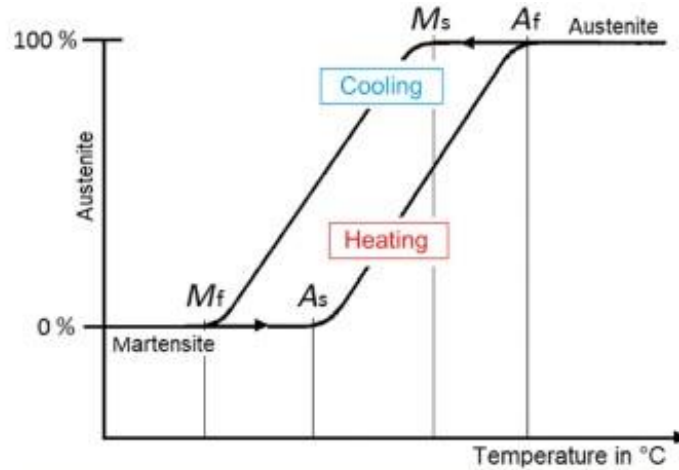
Ni-Ti alaşımı, 1988 yılında Walia ve ark. [58] tarafından ilk kez kök kanal tedavisinde kullanılmaya başlanmıştır. Kanal eğelerinde kullanılan Ni-Ti alaşımı ağırlık olarak yaklaşık %56 nikel, %44 titanyum içermektedir [60]. Bu oranlar değişebildiği gibi bu durum alaşımın özelliklerine de yansır.

Ni-Ti alaşımlar üç farklı mikroyapısal faz içermektedir. Bu faz değişiklikleri Östenit, Martensit ve R fazı olarak isimlendirilir. Metalin mekanik özelliklerini bu fazların göreceli oranları belirlemektedir [60-62].

Östenit Faz: Kristal yapısı kompleks bir gövde merkezli kübik kafes yapıya sahiptir. Yüksek sıcaklıklarda ve düşük stres değerlerinde bulunur. Östenit fazda Ni-Ti alaşımları daha sert, dayanıklı ve atomları daha yoğun ve daha düzenli şekilde sıralanmıştır [60, 61]. Östenit fazın kristal yapısının dışarıdan deformasyon, sıcaklık ya da her ikisinin de birlikte uygulanmasıyla kristal yapı martensite dönüşür.

Martensit Faz: Kristal yapısı monoklinik kafes yapıya sahiptir. Düşük sıcaklıklarda ve yüksek stres değerlerinde bulunur. Ni-Ti alaşımları martensitik formda daha yumuşaktır ve bu alaşımlara daha kolay şekil verilebilir [63]. Faz dönüşüm öncesi ve sonrasındaki bölgelerin kimyasal yapıları değişmezken, sadece kristal yapıları değişir.

Şekilde görüldüğü gibi (Şekil 2.1) Yüksek sıcaklıkta östenit fazda bulunan Ni-Ti alaşımın ani soğutulmasıyla birlikte Ms (martensit başlama, start) sıcaklığında martensit dönüşüm başlar ve Mf (martensit bitiş, finish) sıcaklığında ise martensit dönüşüm tamamlanır. Alaşım martensit fazdayken sıcaklığın tekrar artırılması durumunda, alaşım As (austenit başlama) sıcaklığında östenit faza dönüşmeye başlar ve Af (austenit bitiş) sıcaklığında ise yapı tamamen östenit faza geçerek dönüşüm tamamlanır [64, 65].



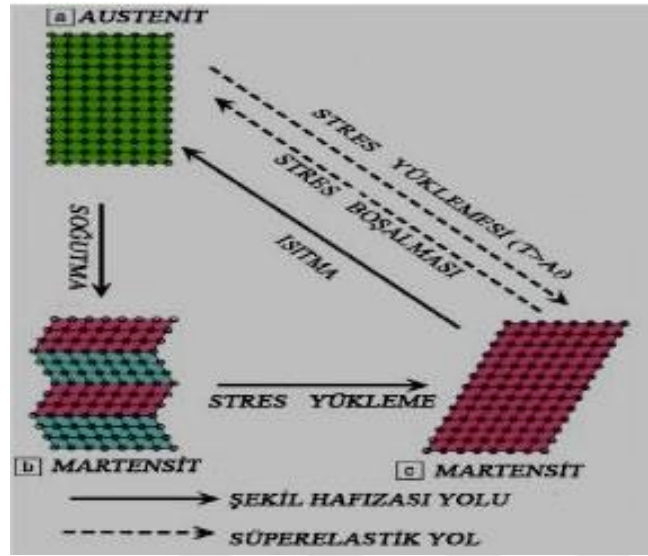
Şekil 2.1. Sıcaklık etkisiyle gerçekleşen östenit-martensit faz dönüşümün şematik gösterimi[66]

Ara Faz (R fazı): Östenit ve martensit fazları arasında, geri dönüşümlü olarak görülebilen eşkenar dörtgen yapısındaki bir fazdır [61]. R fazı soğutma sürecinde östenitten martensite, ısıtma sürecinde martensitten östenite geçişte oluşur [62].

Ni-Ti alaşımlarının en önemli özellikleri şekil hafızası ve süperelastisiteye sahip olmalarıdır. Yüksek sıcaklıkta östenit fazda bulunan Ni-Ti alaşım, düşük sıcaklıkta martensit faza geçiş yaptıktan sonra, üzerine uygulanan stresle deformasyona uğrar ve şekil değiştirir; daha sonra tekrar ısıtıldığında östenit faza geçerek eski şeklini tekrar kazanır. Alaşımın bu özelliğine ise “şekil hafıza özelliği” denir [60] (Şekil 2.2).

Ni-Ti alaşımın deformasyondan sonra stresin ortadan kalkmasıyla orijinal şekline geri dönebilmesine süperelastisite denir [67]. Süperelastisite özelliği Ni-Ti eğerlere daha fazla esneklik verir ve kök kanal şekillendirilmesi sırasında oluşan komplikasyonların azaltılmasına katkı sağlar [68].

Ni-Ti eğerler paslanmaz çelik alaşımlarla karşılaştırıldıklarında, biyouyumlu olmaları, şekil hafızası özellikleri, kök kanal şekillendirme sırasında orijinal kanal şeklini daha iyi korumaları, kanalın daha merkezinde konumlanmaları, prosedürlerden kaynaklı oluşan komplikasyonları azaltmaları, tedavi süresini kısaltmaları ve şekillendirme sırasında apikalden taşan debris miktarını azaltmaları gibi avantajları Ni-Ti eğerleri daha tercih edilir hale getirmiştir [69, 70].



Şekil 2.2. Şekil hafıza etkisi ve süperelastiklik mekanizmasının şematik olarak gösterimi Düz ok, şekil hafıza yolunu; çizgili ok, ise süperelastiklik yolunu (stres kaynaklı) göstermektedir [60].

Ni-Ti döner eğelerin bu avantajlarının yanı sıra dezavantajları da vardır. Ni-Ti eğeler, paslanmaz çelik eğelere göre daha pahalıdır. Ni-Ti döner sistemlerle şekillendirme yapılırken dokunma hissinin kaybı olduğu için belirti vermeden kırılabilmeleleridir [5].

Ni-Ti döner ege sistemleri fonksiyon ve tasarım özellikleri açısından 5 jenerasyon altında toplanmıştır [71].

2.4.2.1. Birinci Jenerasyon Ni-Ti Döner Ege Sistemleri

İlk Ni-Ti döner eğeler Dr. John McSpadden tarafından 1992 yılında tasarlanan Profile (Dentsply, Maillefer) sistemi olup 0.02 koniklik açısına sahiptir. Bu eğeler diş hekimlerinin kök kanal şekillendirmesine bakış açısını değiştirmesine rağmen ege kırılmalarıyla ilişkili sorunlarla karşılaşmıştır. 1994'te Dr. Johnson Profile 0.04 açılı seriyi ve sonrasında 0.06 koniklik açısına sahip Profile ve "orifice shaper" ları geliştirilmiştir. Ege pasif keserken, radyal alanlar, eğelerin dentin içerisine saplanmasını önler. LightSpeed (Discus Dental, Culver City, CA), K3-Quantec (Sybron Endo, Orange, CA), Greater Taper ege sistemleri de bu jenerasyon içerisinde yer almaktadır. Kök kanal şekillendirilmesi sırasında ege kırıklarını önlemek amacıyla eğelerin çapraz kesit dizaynında değişiklikler yapılmıştır. U şeklinde oluklara sahip radyal alanlı eğeler üretilmiştir ve bu alanlar sayesinde eğelerin kanal duvarında sıkışması engellenmeye çalışılmıştır [71].

2.4.2.2. İkinci Jenerasyon Ni-Ti Döner Eğe Sistemleri

İkinci jenerasyon Ni-Ti eğeler, 2001 yılında klinik kullanıma sunulmuştur. Bu jenerasyondaki eğeler, birinci jenerasyondan farklı olarak, radyal alan olmaksızın aktif bir şekilde kesen kenarlara sahiptir ve kanal şekillendirmesi için daha az sayıda Ni-Ti döner eğe sistemine ihtiyaç duyulmasıdır [71, 72]. Bu dizayn şekline örnek olarak ProTaper Universal (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland), Endo Sequence (Brasseler USA, Savannah, GA), K3 (SybronEndo, Orange, CA), Mtwo (VDW, Münih, Almanya) ve BioRace (FKG Dentaire, La Chaux-deFonds, Switzerland) serisi verilebilir.

2.4.2.3. Üçüncü Jenerasyon Ni-Ti Döner Eğe Sistemleri

Bu sistemlerin ayrıcalığı özelliği Ni-Ti alaşımının metalürjik karakterinin geliştirilmesiyle üretilmiş olmalarıdır. Isıl işlem uygulaması, Ni-Ti alaşımının faz değişimine etkisi sebebiyle yorgunluk direncinin artırılmasını sağlar. Bu jenerasyonun amacı, eğelerin kırılmaya karşı dirençlerini arttırmaktır [73]. Bu dizayn şekline örnek olarak HyFlex CM (Coltene Whaledent, Cuyahoga Falls, OH), Twisted Files (SybronEndo), Typhoon Infinite Flex NiTi (Clinician's Choice Dental Products, New Milford, CT) ve Vortex Blue (Dentsply Tulsa) serisi verilebilir.

2.4.2.4. Dördüncü Jenerasyon Ni-Ti Döner Eğe Sistemleri

4. jenerasyon Ni-Ti döner eğelere kadar piyasada bulunan sistemler, kök kanal şekillendirmesini devamlı rotasyon hareketi ile yapmaktaydı. Bu jenerasyon ise resiprokasyon hareketini esas almaktadır. 2011 yılında Reciproc (VDW) ve WaveOne (Dentsply Tulsa Dental) resiprokasyon hareketi yapan tek eğe sistemleri olarak piyasaya sürülmüş ve eğelerin üretiminde M teli kullanılmıştır [74]. Dördüncü jenerasyona dahil bir diğer sistem ise Self- Adjusting File (SAF; ReDent-Nova, Raanana, İsrail)'dir ve bu sistem kanal şekillendirilmesi sırasında irrigasyon imkanı sağlayan, kanal içerisine yerleştirildiğinde kanal boşluğunun şeklini alan ve resiprokasyon hareketi yapan bir eğe sistemidir [75].

2.4.2.5. Beşinci Jenerasyon Ni-Ti Döner Eğe Sistemleri

Beşinci jenerasyon döner eğe sisteminde kütle merkezi ve/veya rotasyon merkezi sabit değildir ve eğelerin kesit tasarımı asimetrik olacak şekilde dizayn edilmiştir [71]. Bu dizayn eğenin dentin duvarı ile temasını minimuma indirir [76]. Bu dizayn şekline

örnek olarak, Revo-S (MicroMega, Besançon, Fransa), ProTaper Next (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre), OneShape (MicroMega, Besançon, Fransa) ve TRUShape 3D Conforming (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) serisi verilebilir [77].

2.5. Rehber Yol (Glide Path) Tanımı ve Önemi

Glide path (Rehber yol), kanal girişinden fizyolojik apekse kadar giden engelsiz ve pürüzsüz ilerleyen bir tünel olarak tanımlanmaktadır [11]. Kök kanal şekillendirmesinin en önemli aşaması, kanalın apikal kısmına engelsiz ulaşımın sağlanması için rehber yol oluşturulmasıdır [78]. Rehber yol; kök ucundaki açıklığı belirlemeyi ve kök kanalının başarılı bir şekilde doldurulmasını sağlar [79]. West'e göre [11] rehber yol olmadan kök kanal tedavisinin temeli oluşturulamaz.

Rehber yol hazırlığı, el eğeleri veya döner Ni-Ti eğeler kullanılarak gerçekleştirilebilir [6]. Ön genişletmenin #15 veya #20 boyutuna kadar el eğesi ile yapılması, sonrasında motorla çalışan Ni-Ti eğelerin kullanılması tavsiye edilir, çünkü bu eğeler kanal düzensizliklerini [80] ve apikalden taşma [8] insidansını azaltır. Topçuoğlu ve ark.[81] yaptıkları çalışmada, kök kanal şekillendirilmesi sırasında ön genişletme yapılmasının apikalden taşan debris miktarını azalttığını bulmuşlardır. Küçük numaralı el eğelerinin kullanılması kanal açıklığının belirlenmesini ve Ni-Ti döner eğelerinin kanal içinde daha güvenilir şekilde kullanılmasını sağlar.

Peters ve ark. [82] çekilmiş dar kanallı dişlerde yaptıkları çalışmada, el eğeleri ile ön genişletme yaptıklarında hiçbir eğenin kırılmadığını bildirmişlerdir. Roland ve ark. [7] ön genişletme yapılmasının eğenin kırık riskini azalttığını göstermişlerdir. Etkili bir rehber yol oluşturulması stresi azaltarak Ni-Ti döner eğelerin ömrünü uzatmaktadır.

2.5.1. Rehber Yol Oluşturma Metodları

Rehber yol oluşturmak için farklı metodlar vardır.

1. K-tipi eğe ile
2. Resiprokal hareket yapan başlıklarla kullanılan K tipi eğe ile
3. Döner aletler ile kullanılan Ni-Ti eğeleri ile

2.5.1.1. K tipi eğe ile rehber yol oluşturma

Birçok araştırmacı, ön genişletme yapmak için paslanmaz çelik K-tipi eğelerini tavsiye etmektedir. Ön genişletme yapmak için kullanılan K-tipi eğelerin döner Ni-Ti eğe sistemlerine göre avantajları: [83]

1. K-tipi eğe ile parmak hassasiyetinin daha iyi olması ve böylece eğenin kırılma ihtimalinin daha az olması,
2. K-tipi eğeler, deforme olduysa gözle görülür ve eğimli kanallarda hekim daha dikkatli olur,
3. Daha ucuzdurlar,
4. K-tipi eğe kullanırken başlığa ihtiyaç duyulmaz.

Berutti ve ark. [10] ön genişletme yapıldıktan sonra kanal çapının kullanılacak ilk döner sistemin uç çapından bir boy fazla olması gerektiğini savunmaktadır. West, ön genişletme için kanalda sıkışmayan 10 numaralı K- tipi eğenin kullanımını tavsiye etmekte ve 10 numaralı K- tipi eğeden daha büyük eğelerle ön genişletme yapılacaksa Roane ve ark'nın tavsiye ettiği gibi kanalda transportasyon riskini azaltmak için önerilen “balanced forced” tekniği ile eğelerin kullanılması gerektiğini vurgulanmaktadır [11].

El eğeleri ile ön genişletme yapılmasının dezavantajları:

1. Klinisyenin yorgunluğu ve daha fazla el yorgunluğu [84],
2. Ön genişletme yapmak için harcanan zamanın fazla olması [8],
3. Büyük numaralı enstrümanların kullanımının transportasyon riski oluşturmaları ve orijinal kanal anatomisinde değişiklik olmasıdır [8, 11].

2.5.1.2. Resiprokal hareket yapan başlıklarla kullanılan K tipi eğe

K-tipi eğeler, resiprokal hareket yapan başlıklara takılarak ön genişletme yapmak için kullanılır. K-tipi eğe ile kanal boyu belirlendikten sonra başlığa takılır ve başlık her kanalda ortalama 15-30 saniye aşağı yukarı yönde hareket ettirilir. Başlık kullanımının temel avantajı; özellikle eğimli ve dar kanallarda zamandan tasarruf sağlaması ve böylece hekimin yorgunluğunu azaltmasıdır. Dar ve eğimli kanallarda ön genişletme için paslanmaz çelik ve karbon çelikte dizayn edilmiş Pathfinder eğeler M4 resiprokal çalışan başlıklara takılarak kullanılabilir.

Bu sistemin avantajları: [85]

1. Kök kanal şekillendirmesi sırasında harcanan zamanı ve hekimin yorgunluğunu azaltır
2. Ni-Ti döner ege sistemlerine göre ege kırılma ihtimalini azaltır.

Bu sistemin dezavantajları:

1. 15 numaralı K- tipi egeden daha büyük egeler kullanıldığında komplikasyon riskinin artması,
2. Bu sistemin kullanımı için başlığa ihtiyaç olması,
3. Parmak hassasiyetinin az olması ve hekim uzun süre kanalda çalışırsa dentini fazla kaldırma riskinin artması
4. Başlık kuvvetli bir şekilde apikale itilirse apikalden debris taşıma ihtimalinin artmasıdır.

2.5.1.3. Döner aletler ile kullanılan Ni-Ti egeler ile rehber yol oluşturma

Son zamanlarda Ni-Ti döner egeler, yüksek etkinlik ve ön genişletmeyi kolaylaştırmak için piyasaya sunulmuştur [86, 87]. Kanalda Ni-Ti döner egelerle ön genişletme yapıldığında boyut olarak daha büyük Ni-Ti egelerin kullanımını kolaylaştırdıkları bulunmuştur. Aynı zamanda uzaklaştırılan dentin miktarının daha az olduğu böylelikle oluşabilecek komplikasyonlarında azalacağı belirtilmiştir [17]. Ni-Ti döner egelerle yapılan ön genişletmede, el ile yapılan ön genişletmeye göre, işlem sonrası postoperatif ağrının, komplikasyon riskinin daha az olduğu, semptomların daha hızlı kaybolduğu [88] ve orijinal kanal eğiminin daha iyi korunduğu bulunmuştur [8].

G File, PathFile, Race ISO 10, Proglider gb., X-plorer gibi günümüzde birçok Ni-Ti döner ege sistemi üretilmekte olup, bu sistemleri geliştirmek için çalışmalar devam etmektedir. Bu sistemlerin avantajları:[85]

1. Kök kanal şekillendirme süresinin azalması,
2. Kanal içi komplikasyon ihtimalinin azalması ve kanalın orijinal anatomisinin korunması,
3. Apikalden taşan debris miktarının azalması ve postoperatif ağrının daha az olması,

Bu sistemin dezavantajları:

1. Parmak hassasiyetinin az olması
2. Eğenin kırılma riskinin artması,
3. Sistemin pahalı olmasıdır.

2.6. Çalışmamızda Kullanılan Sistemler

2.6.1. Proglider (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre)

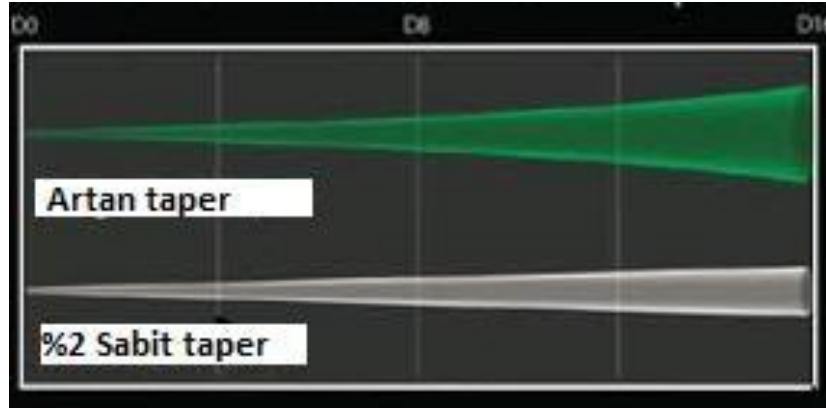
Proglider rehber yol oluşturmak için üretilen, 21, 25 ve 31 mm uzunluklarda bulunan tek eğeden oluşan döner eğe sistemidir (Şekil3.1) [89].



Şekil 3.1 Proglider eğesi

ProGlider, %2 ile %6 arasında değişen koniklik açısı (Şekil 3.2) ve 0.16 mm uç çapına sahip M-Wire alaşımdan üretilmiştir [17]. M-Wire alaşımı eğenin daha dayanıklı ve esnek olmasını sağlar. Proglider eğeleri kök ucundan koronale doğru devamlı değişen açılarla üretildikleri için eğenin boyun kısmına yakın bölgedeki açısı 0.85'e denk gelmektedir.

Eğenin bu özelliği koronal bölgeyi şekillendirirken daha iyi bir genişletme sağlamaktadır. Üretici firma Proglider tek eğe sistemi ile rehber yol oluşturma paslanmaz çelik eğelere göre zaman açısından %40 daha hızlı olduğunu belirtmektedir.



Şekil 3.2 Eğelerin farklı taper dizaynı

2.6.2. WaveOne Gold Glider (Dentsply, Maillefer)

WaveOne Gold Glider resiprokal hareket ile çalışan tek eğe sistemidir (Şekil 3.3). Eğe uç kısmında %2 koniklik açısı, koranalde ise %6 koniklik açısına sahip Gold-wire metalurji ile üretilmiştir. Gold-wire teknoloji, eğenin esnekliğini arttırmış ve ısıtılma işlem görmemiş eğelerle karşılaştırıldığında döngüsel yorgunluğa karşı direncini arttırmıştır [27]. WaveOne Gold Glider, 0.15 mm uç çapına sahip, kesiti paralelkenar olan termomekanik işlem ile üretilen eğe sistemidir [90].



Şekil 3.3 WaveOne Gold Glider

2.6.3. Trunatomy Glider (Dentsply Sirona)

Trunatomy Glider 21 mm, 25 mm ve 31 mm uzunlukları mevcut olup rotary hareketiyle çalışan sistemdir (Şekil 3.4). Üretici, özel tasarımı ve uygulanan ısıtılma işlemi sayesinde trunatomy eğelerinin daha esnek ve yorulmaya karşı dayanıklı olduğunu iddia etti. Kesit, ortalanmış bir paralelkenardır [91]. Eğe, ortalama 0,02 koniklik açısı ve 14 mm

aktif kesme olukları ile 0,17 mm uç çapına sahiptir. Bununla birlikte, eğe koronal olarak ilerledikçe her aletin 0,8 mm maksimum oluk çapını korumasına izin verecek şekilde değişken (azalan veya gerileyen) koniklik açısına sahiptir [19].



Şekil 3.4 Trunatomy Glider

2.6.4. K-tipi Eğe (Dentsply Maillefer)

K-tipi eğe (Şekil 3.5), kare ve üçgen kesitli tellerin burulmasıyla oluşur. Bu eğeler rotasyonel ya da reaming hareketiyle kullanılır [92]. Genel olarak rotasyonel hareket, reaming hareketinden daha az transportasyona neden olur [93]. Eğri köklü dişlerde, transportasyonu en aza indirmek için K-tipi eğelere eğim verilmelidir. K-tipi eğelerin 16 mm'lik kısmı kesici kenarlara sahiptir ve uç bölümden itibaren her 1 mm'de eğe çapı 0.02 mm artmaktadır. El eğeleri, kesici olan veya olmayan uç dizaynına sahip olabilir. Bu iki aletin çalışma ilkeleri birbirinden farklılık gösterir. K-tipi el eğeleri rotasyonel ve düz, ileri-geri hareketler ile kullanılabilirken, H-tipi eğeler ise sadece ileri-geri hareketler ile kullanılmalıdırlar [94].



Şekil 3.5 K-Tipi Eğe

2.6.5. R-Pilot (VDW, Munich, Almanya)

R-pilot (Şekil 3.6) 21, 25 ve 31 mm uzunlukları mevcut olup resiprokasyon hareketiyle çalışan ilk Ni-Ti giriş yolu eğesidir. Eğe M-Wire alaşımından üretilmiştir. S şeklinde yatay bir kesit tasarıma sahiptir (Şekil 3.7) ve tek eğe ile ön genişletme sağlar. Eğenin uç çapı 0.125 mm'dir ve %4 sabit koniklik açısına sahiptir [95].



Şekil 3.6 R-Pilot

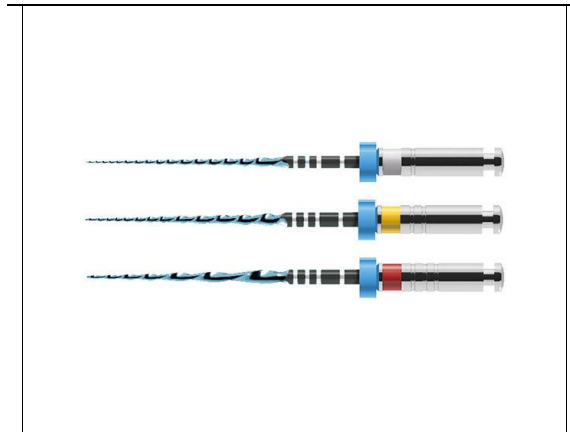
Üretim sırasında uygulanan termomekanik işlem R-Pilot eğenin esnekliğini arttırmıştır. Uygulanan ısı işlem ve resiprokal hareket tipinin kullanılması geleneksel Ni-Ti alaşımıyla karşılaştırıldığında R-Pilot eğenin döngüsel yorgunluğa karşı direncini arttırmıştır [96, 97]. Resiprokal sistemler, özellikle eğimli kanalların hazırlanması sırasında Ni-Ti döner eğelerin maruz kaldığı stresi azaltmak için geliştirilmiştir. Resiprokal hareket, eğelerin döngüsel yorgunluk direncini rotasyonel harekete göre daha fazla artırır çünkü rotasyonel yönlendirilmenin tersine çevrilmesi, eğede biriken stresi hafifletebilir [98, 99]. Resiprokal harekette 360° dönüşün tek bir döngüden ziyade üç döngüde tamamlanması, kırılmaya yol açabilecek bir çatlağın açılma ve kapanma sayısını azaltarak kırılma direncini artırır [100]. Bu sayede R-Pilot eğenin esnekliği artmış, giriş yolu hazırlığı sırasında daha az prosedürel hatalara sebep olduğu bildirilmiştir [101]. Bu nedenle orijinal kök kanal anatomisinde daha az değişiklik oluşturmaktadır.



Şekil 3.7. R-Pilot giriş yolu eğesinin S-şekilli kesiti [102]

2.6.6. Rotate (VDW, Münih, Almanya)

Rotate eğenin (Şekil 3.8) kesme verimliliğini arttırmak için eğeye inovatif ısıtıl işlem uygulanmıştır. Eğenin işlem sırasında vidalanma eğilimini sınırlandırmak için çift kesici kenara sahip S şeklinde kesit tasarımı kullanılmıştır. Eğenin keskin S-şekilli kesiti, debrisin çıkarılması için daha fazla alan sağlar bu sayede kök kanal şekillendirilmesinin hızlı ve güvenli tamamlanmasını sağlar [103].



Şekil 3.8 VDW.Rotate

Rotate eğenin Ni-Ti kısmı iki farklı renge sahiptir. Yivli şaft boyunca mavi bir renk vardır ve yivsiz kısım gri bir renge sahiptir. Üreticiye göre, renk farklılaşması ısıtıl işlem sırasında oluşturulan oksit tabakasının bir sonucudur. Bu oksit tabakasının kalınlığı oluklar ve şaftın geri kalanı arasında farklıdır. İki kat oksit tabakası ışığa farklı tepki

verdiğinden, iki farklı renk yapılmaktadır. Eğe sadece bir kez ısıtma işlemi görmektedir. Yivli parça ile şaft arasında ısıtma işlemi farkı yoktur [104].

2.7. Periapikal Dokulara Kök Kanal Tedavi Sonrası Debris Çıkışı

Kök kanal tedavisinin en önemli aşamalardan bir tanesi, kanalların içerisindeki nekrotik veya enfekte doku parçalarının ortamdan uzaklaştırılmasıdır [105]. Kök kanal şekillendirme sırasında kullanılan irrigasyon solüsyonu, dentin kalıntısı, bakteri ve nekrotik dokulardan oluşan debris, periradikuler dokulara taşarsa, postoperatif ağrılara sebep olur [106].

2.7.1. Debris Çıkışına Etki Eden Faktörler

2.7.1.1. Apikal Çap ve Açıklığın Apikalden Taşan Debris Miktarı Üzerine Etkisi

Apikalden taşan debris miktarının değerlendirildiği çalışmalarda, apikal çapın standardizasyonu, belirli bir boyuttaki eğenin ucunun apikal forameninden çıkışının gözükecek şekilde ilerletilmesi ile yapılmaktadır. Bunun yanında apikal foramenin stereomikroskopta daha ayrıntılı incelendiği çalışmalar da mevcuttur [107, 108]. Apikal çap ve açıklığın apikalden taşan debris miktarı üzerine etkisini inceleyen birçok araştırma yapılmıştır [109, 110]. Lambrianidis ve ark. [111], yaptıkları çalışmada apikal foramenin sağlam kaldığı durumlarda debris miktarında artış meydana geldiğini görmüşlerdir. Tinaz ve ark. [112], bu çalışmanın tam tersine apikal çap arttıkça taşan debris miktarında artış olduğu sonucuna varmışlardır. Al-Omari ve Dummer [109] yaptıkları çalışmada apikalden taşan debris miktarıyla apikal çap arasında ilişki bulunmadığı sonucuna varmışlardır.

2.7.1.2. Çalışma Boyu ve Eğenin Apikal Foramene Olan Uzaklığının Apikalden Taşan Debris Miktarı Üzerine Etkisi

Kök kanal tedavisinin başarılı olması için, en önemli şartlardan bir tanesi çalışma boyunun doğru tespit edilmesidir. Bu sayede kök kanallarının yetersiz temizlenmesinin veya taşkın preparasyon nedeniyle periapikal dokuların zarar görmesinin önüne geçilir [113, 114]. Apikalden taşan debris miktarı ile çalışma boyu arasındaki ilişkinin incelendiği bazı araştırmalarda, çalışma boyu apikalde sonlanan ve apikalden 1 mm kısa olacak şekilde iki gruba kök kanal preparasyonu yapılmıştır. Apikalden 1 mm kısa çalışma boyu belirlenen grupta apikalden taşan debris miktarının daha az olduğu bildirilmiştir [108, 115]. Aynı sonuç apikal daralında ve ötesinde kök kanal

preparasyonu yapılan çalışmalarda, apikalden taşan debris miktarının daha fazla olduğu belirtilmiştir [108, 115].

2.7.1.3. Kök Kanal Eğiminin Apikalden Taşan Debris Miktarı Üzerine Etkisi

Apikalden debris taşkınlığın incelendiği çalışmaların çoğunda, kanal eğimi 5° - 10° 'den daha az olan dişler seçilmiştir. Ancak pratikte ise daha eğimli kök kanalları klinisyenlerin karşısına çıkabilmektedir [116]. Kök kanal eğiminin apikalden taşan debris miktarını etkileyip etkilemediği konusunda yapılan çalışmalarda farklı görüşler bildirilmiştir. Karataşlıoğlu ve ark. [117] aşırı eğime sahip kök kanallarında, hafif ve orta derecede eğimli kök kanallarına göre daha fazla apikalden debris taşkınlığının olduğunu bildirmişlerdir. Miranda ve arkadaşları [118] ise, yaptıkları çalışmada hafif ve orta derecede eğime (11° - 25°) sahip dişleri gruplara ayırıp incelemişler ve hafif eğimli kök kanalları orta dereceli eğime sahip kök kanallarından daha fazla apikal debris çıkışı görüldüğünü bildirmişlerdir. Leonardi ve ark. [119] yaptıkları çalışmada; hafif (15° - 22°) ve orta (23° - 30°) eğimli kanallar arasında, apikalden taşan debris miktarı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Hinrichs ve ark. [110] kanal eğimi, kanal çalışma boyu ve apikal foramen çapı gibi etkenlerin apikalden taşan debris miktarı üzerinde etkisi olmadığı ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir.

2.7.1.4. Alet Tasarımının Apikalden Taşan Debris Miktarı Üzerine Etkisi

Tüm kök kanal şekillendirme yöntemlerinde, apikalden bir miktar debris taşmaktadır [116]. Kök kanal şekillendirme sırasında kullanılan eğelerin yapı ve şekil özellikleri apikalden taşan debris miktarını en fazla etkileyen faktörlerden biridir. Elmsallati ve ark.'nın [120] yaptığı bir çalışmada kök kanal şekillendirilmesi sırasında kısa, orta ve uzun kesici kenar tasarımına sahip olan eğeler kullanılmış ve kısa kesici kenar tasarımına sahip eğelerin diğerlerine kıyasla daha az miktarda apikalden debris taşkınlığına neden olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılara göre kısa kesici kenar tasarımına sahip eğelerin çok sayıda yiv ve oluk bulundurması, daha fazla debris tutmalarını sağlayarak, apikalden taşan miktarı azaltmıştır [120]. Diemer ve Calas'ın yaptıkları çalışmada [121] uzun kesici kenar tasarımına sahip olan eğelerin, debris daha fazla kaldırarak irrigasyon solüsyonlarının daha fazla miktarda apikalden taşkınlığına neden olabileceğini savunmuşlardır. Topçuoğlu ve ark. [122] Vortex Blue, Protaper Next, Reciproc, K3XF eğe sistemleri kullanılarak yaptıkları çalışmada eğelerin yapı ve

şekil özelliklerinin apikalden taşan debris miktarını değiştirebileceğini savunmuşlardır. Bu çalışmada her bir eğenin farklı kesit tasarımı (Vortex Blue – Üçgen, Protaper Next – dikdörtgen, Reciproc – S, K3XF- Modifiye üçlü U Kesit şeklinde) bulunmaktadır ve araştırmacılar bu kesit alanlarının, debris koronale ya da apikale yönlendirebilecek bir faktör olduğunu savunmuşlardır. Koçak ve ark.'nın [123] yaptığı bir çalışmada ProTaper Universal ve ProTaper Next Ni-Ti döner ege sistemleri karşılaştırılmıştır. ProTaper Next ege sisteminin kök kanal duvarı ile daha az temas ederek çalıştığı, eğenin yapı ve şekil özelliklerinin farklı olmasından dolayı kök kanal şekillendirme sonrasında apikalden taşan debris miktarının daha az olduğu bildirilmiştir.

2.7.1.5. İrrigasyon İğnelerinin Uç Çapları, Şekillerinin ve İrrigasyon Sistemlerinin Apikalden Taşan Debris Miktarı Üzerine Etkisi

Kök kanal şekillendirilmesi sırasında yapılan irrigasyon; irrigasyon iğnesinin uç çapı ve kök kanalı içerisindeki derinliği gibi faktörlerden etkilenir [124]. Farklı gauge=çaplara (G) sahip geleneksel irrigasyon iğneleri debris çalışmalarında kullanılmaktadır. Altundaşar ve ark. [125] yaptıkları çalışmada, RaCe sisteminin geleneksel iğne ile kullanımın, yandan açılan (side-vented) iğne ile kombine olarak kullanıma oranla daha fazla miktarda debris taşkınlığına neden olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan bir diğer çalışmada 28 ve 30 gauge'luk irrigasyon iğneleri kullanılmıştır. Bu iğneler çalışma boyunun 1 mm ve 3 mm gerisinde konumlandırılarak irrigasyon yapılmış, apikalden taşan debris miktarları karşılaştırılmıştır. Çalışma boyunun 1 mm geriye konumlandırıldığı gruplarda apikalden taşan debris miktarının daha fazla olduğu görülmüştür. Bununla birlikte irrigasyon iğne kalınlığı arttıkça (28 gauge) apikalden taşan debris miktarının arttığı görülmüştür [126]. Kök kanal irrigasyonu, kök kanal şekillendirilmesinin önemli aşamalarından biridir. İrrigasyon ile enstrümantasyon sırasında; ulaşılamamış debris, bakteri ve nekrotik dokunun uzaklaştırılması sağlanır [127].

Endodontik tedavi sırasında, kök kanal sisteminden nekrotik doku artıkları, vital doku parçaları, mikroorganizmalar ve bunların yan ürünlerini uzaklaştırarak kemomekanik hazırlık elde etmek için irrigasyon solüsyonları kullanılır [128]. Kök kanal tedavisi sırasında kullanılan irrigantların, doku kalıntılarının ve mikroorganizmaların periapikal dokulara taşması kaçınılmazdır. Bu durum; periapikal bölgede inflamasyona, postoperatif ağrıya ve periapikal iyileşmede gecikmeye neden olabilir [15, 106]. Kök

kanal tedavi sırasında irrigasyon solüsyonlarının aktive edilmesi ve apikal üçlüye iletilmesi için birçok irrigasyon sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemler kullanılırken irrigasyon aktivasyonu sırasında güvenliğin sağlanmasına da dikkat edilmelidir [129]. Apikal bölgede geleneksel irrigasyon iğnelerinin yeterli derecede dezenfeksiyon sağlayamadığı savunulmuştur [130]. Irrigasyon solüsyonunun kök kanal sistemi içindeki her yere homojen ve etkin şekilde dağılmasını sağlayan sistemler geliştirilmektedir. Bu noktada öne çıkan düşüncelerden biri manuel dinamik irrigasyondur [131], diğer öne çıkan sistem ise EndoVac'tır (Discus Dental, Culver City, CA, USA). EndoVac apikal negatif basınçlı irrigasyon sistemi sayesinde irrigasyon solüsyonunun kanalın apikal bölümüne kadar ulaşmasını ve geri emilmesini sağlamaktadır. EndoVac ile diğer irrigasyon sistemlerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda, EndoVac sisteminde; daha az irrigasyonun apikalden taşkınılığı [129, 132] ve bu sayede postoperatif ağrının daha az olduğu [133] sonucuna varılmıştır. XP Endo Finisher, EndoActivator, Photon-Induced Photoacoustic Streaming (PIPS), EndoVac ve geleneksel irrigasyon iğnesi kullanılarak apikalden debris taşkınılığını inceleyen bir çalışmada, PIPS sisteminde en fazla irrigasyon solüsyonunun taşıdığı sonucuna varılmıştır [134]. EndoVac, geleneksel iğne irrigasyonu ve ultrasonic irrigasyon yönteminin karşılaştırıldığı bir çalışmada ise, EndoVac irrigasyon sisteminin diğer yöntemlere kıyasla anlamlı derecede daha az apikal debris taşkınılığına neden olduğu bildirilmiştir [135].

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Rektörlüğü Tıp Fakültesi Etik Kurulu Başkanlığı'ndan 07.07.2021 tarihli ve 2021/472 sayılı etik kurul iznini takiben Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Ana Bilim Dalı'nda yürütülmüştür (Ek 1).

3.1. Çalışmada Kullanılacak Dişlerin Seçilmesi

Benzer çalışmalar içeren önceki makalelerdeki [14, 18, 81] veriler incelendiğinde etki büyüklüğü (Cohen f) sırasıyla 0,666, 0,45, ve 0,41 hesaplanmıştır. G*Power'i 3.1 [136] kullanılarak F test ailesi, Tek yönlü ANOVA varyans analizi testinden etki büyüklüğü 0,45 ile 0,05 alfa ve 0,90 güç elde edebilmek için gerekli en az örnek sayısı 6 grup için 90 hesaplanmıştır. Çalışmamızda ise her grup için 16, toplamda 96 diş kullanılmıştır.

Bu çalışma için; Erciyes Üniversitesi Ağız Diş Çene Hastalıkları ve Cerrahisi kliniğinde periodontal veya ortodontik nedenlerle çekilmiş, 96 adet eğrilik açısı 25° ile 35° arasında alt çene birinci büyük azı insan dişine ait mezio-bukkal kanal kullanıldı. Toplam 540 adet diş çalışma kriterlerine uygun olanların seçilmesi için kontrol edildi. Kök açıları 25° 'den az ve 35° 'den yüksek olan dişler, kök ucu gelişimini tamamlamamış, çürük, çatlak, internal veya eksternal rezorbsiyonu olan, kron veya kök kırığı bulunan, kök kanalları kalsifiye veya önceden kök kanal tedavisi uygulanmış olan dişler çalışmaya dâhil edilmedi. Çalışmadan çıkarılan dişlerin yerine kriterlere uyan yeni dişler konuldu. Dişlerin üzerindeki sert ve yumuşak doku artıklarını temizlemek için kretuar (No:2 Hu-Friedy Mfg. Co. Inc., Leimen, Almanya) kullanıldı ve dişler çalışmaya kadar oda sıcaklığında, distile suda bekletildi.

Dişlerin mezio-bukkal kanallarını tespit etmek için mezio-distal ve bukkal-lingual yönden filmler alındı. Her bir dişin periapikal radyografisi, 0.4 s'lik bir pozlama süresine ve 10 cm'lik bir nesne-film mesafesine sahip bir dijital sensör (MyRay, Imola, İtalya) ve Xray ekipmanı (MyRay, Imola, İtalya) kullanılarak alındı. Kanalin eğimi ve eğrilik yarıçapı, Schneider [33] ve Schäfer ve ark. [137] yöntemine göre ImageJ analiz

programı (AutoCAD 2007, San Francisco, CA, Amerika) ile hesaplandı (şekil 4.1). En az 25° ve en fazla 35° kanal eğimine sahip mezio-bukkal kanallı dişler çalışma için seçildi. Bu kriterlere göre son olarak seçilen 96 adet diş numaralandırılarak çalışmaya dâhil edildi.



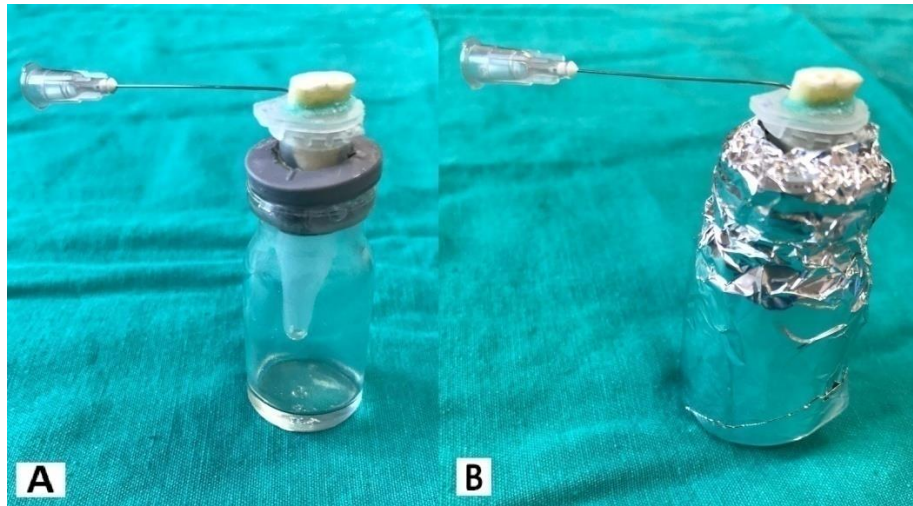
Şekil 4.1 - Schneider, Schäfer ve ark. yöntemlerine göre kanalın eğimi ve eğrilik yarıçapı ölçümü

3.2. Diş Köklerinin Standardizasyonu ve Kanalların Hazırlanması

Kök kanal şekillendirme sırasında kök kanallarının çalışma uzunluğu debris miktarını etkileyen önemli bir faktördür. Çalışmaya dahil edilen tüm dişlerin standardizasyonunun sağlanması için kullanılacak dişlerin kronları, çalışma uzunlukları 19 mm olacak şekilde elmas frez yardımıyla su soğutması altında kesilip uzaklaştırıldı. Mezial kökler elmas separe yardımıyla distal kökten furkasyon bölgesinden ayrıldı. Giriş kavimleri su soğutması altında elmas rond frez ile açıldı. Daha sonra 10 numaralı K-tipi el eğesi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile apikal açıklık kontrol edildi. Başlangıç apikal çapı 10 K-tipi eğeye eşit veya daha küçük olan dişler seçildi. Eğenin apikal forameninden 1 mm'den fazla çıktığı dişler çalışma dışı bırakıldı ve yerlerine yeni örnekler çalışmaya eklendi. Kök kanal preparasyonu için çalışma uzunluğu belirlenirken 10 numaralı K-tipi el eğesi kullanıldı ve apikal forameninden gözükünceye kadar eğe kanalda ilerletildi. Daha sonra ölçülen bu boydan 1 mm çıkarılarak çalışma uzunluğu elde edildi.

3.3. Deney Düzeneklerinin Hazırlanması

Çalışmada apikalden taşan debris artıklarının toplanması için Myers & Montgomery [108] tarafından tarif edilen deneysel model kullanıldı (Şekil 4.2). Taşan debris miktarını ölçmek için hassaslık derecesi 10^{-5} gram olan hassas terazi (AUW-220D; Shimadzu, Tokyo, Japan) kullanıldı (Şekil 4.3). Eppendorf tüpleri deney düzeneği hazırlanmadan önce numaralandırıldı. Kapakları çıkarılmış olan eppendorf tüpleri stabil oda koşullarında (ses ve hava akımı gibi dış etkenler en aza indirilerek) hassas terazide tartıldı. Ölçüm işlemi her tüp için 3 kez tekrarlandı ve elde edilen değerlerin ortalamaları hesaplanarak boş tüplerin ağırlıkları kaydedildi. Çalışma kriterlerine uygun dişler, her bir deney grubunda 16 adet olmak üzere, rastgele 6 eşit gruba ayrıldı (n=16). Çalışma düzeneği için gerekli 96 adet eppendorf tüpün kapağında bir delik oluşturuldu ve mezial kök, bu kapaktan, mine sement bağlantısına kadar parmak basıncıyla yerleştirildi. Diş ile kapak arasındaki boşluk dişeti bariyeri (Ultradent, South Jordan, ABD) yardımıyla sızdırmaz bir şekilde dolduruldu ve diş sabitlendi (Şekil 4.4). İç ve dış hava basıncını eşitlemek için kapak ile diş kökü arasından 27 gauge'luk bir iğne yerleştirildi.



Şekil 4.2 Apikalden taşan debrisin toplanması için kurulan düzenek (A) ve düzeneğin alüminyum folyo ile kaplanmış hali (B)



Şekil 4.3. Ağırlık ölçümleri için kullanılan hassas terazi



Şekil 4.4. Dişeti Bariyeri

Diş kökü ve iğne içeren her bir kapak, önceden ağırlığı ölçülmüş olan eppendorf tüplerine yerleştirildi ve daha sonra tüpleri düzeneğin sabitlenmesi için cam şişeler kullanıldı. Kök kanal şekillendirilmesi sırasında, diş kökü ucunun araştırmacı tarafından görünümünü engellemek için cam şişeler alüminyum folyo kullanılarak kaplandı. Kök kanal şekillendirme ve irrigasyon prosedürleri, varyasyondan kaçınmak ve önyargıyı ortadan kaldırmak için tek bir araştırmacı tarafından tamamlandı. Tüm gruplarda kök kanal şekillendirme işlemi üretici firmanın talimatlarına uygun bir şekilde X-Smart Plus (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre) endodontik motoru kullanılarak gerçekleştirildi. (Şekil 4.5)



Şekil 4.5 X-Smart Plus endodontik motor

3.4. Kök Kanal Preparasyonları ve Deney Grupları

Çalışma uzunlukları, apikal daralımları, ve kök kanal eğimleri açısından olabildiğince standardize edilmiş 96 diş, her bir grupta 16 diş olacak şekilde rastgele 6 deney grubuna ayrıldı (n=16).

3.4.1. Grup 1 (ProGlider)

Kök kanal şekillendirilmesi çalışma boyunca Proglider eğe ile üretici firma talimatları doğrultusunda X smart Plus (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre) endodontik motoru “Proglider” modunda kullanılarak 2.5 N/cm tork ve 300 rpm hız değerlerinde ayarlanarak ön genişletme yapıldı (Şekil 4.6). Daha sonra kök kanal şekillendirilmesi Rotate (25/0.04) eğesi ile tamamlandı (Şekil 4.7).



Şekil 4.6 Çalışmada kullanılan Proglider kanal eğesi



Şekil 4.7 Çalışmada kullanılan Rotate kanal eğesi

3.4.2. Grup 2 (R-Pilot)

Kök kanal şekillendirilmesi çalışma boyunda R-Pilot eğe ile üretici firma talimatları doğrultusunda X smart Plus (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre) endodontik motoru “Reciproc All” modunda kullanılarak ön genişletme yapıldı (Şekil 4.8). Daha sonra kök kanal şekillendirilmesi Rotate (25/0.04) eğesi ile tamamlandı.



Şekil 4.8 Çalışmada kullanılan R-Pilot kanal eğesi

3.4.3. Grup 3 (WaveOne Gold Glider)

Kök kanal şekillendirilmesi çalışma boyunda WaveOne Gold Glider eğe ile üretici firma talimatları doğrultusunda X smart Plus (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre) endodontik motoru “WaveOne All” modunda kullanılarak ön genişletme yapıldı (Şekil 4.9). Daha sonra kök kanal şekillendirilmesi Rotate (25/0.04) eğesi ile tamamlandı.



Şekil 4.9 Çalışmada kullanılan WaveOne Gold Glider kanal eğesi

3.4.4. Grup 4 (Trunatomy Glider)

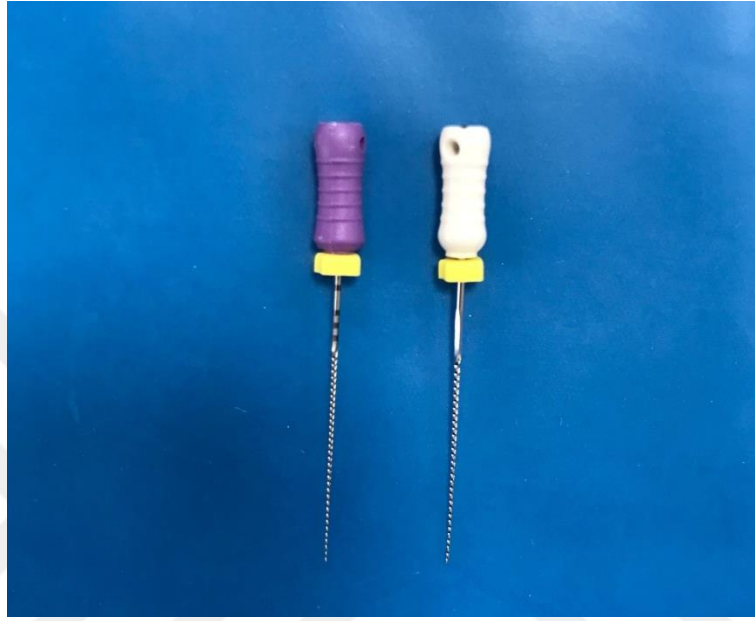
Kök kanal şekillendirilmesi çalışma boyunca Trunatomy Glider eğe ile üretici firma talimatları doğrultusunda X smart Plus endodontik motoru 500 rpm ve 1.5 N/cm torka ayarlanarak ön genişletme yapıldı (Şekil 4.10). Daha sonra kök kanal şekillendirilmesi Rotate (25/0.04) eğesi ile tamamlandı.



Şekil 4.10. Çalışmada kullanılan Trunatomy Glider kanal eğesi

3.4.5. Grup 5 (K-files)

Kök kanal şekillendirilmesi çalışma boyunca 10 ve 15 numara K-tipi eğe ile ön genişletme yapıldı (Şekil 4.11). Daha sonra kök kanal şekillendirilmesi Rotate (25/0.04) eğesi ile tamamlandı.



Şekil 4.11. Çalışmada kullanılan K-files kanal eğeleri

3.4.6. Grup 6 (Ön genişletme yapılmayan)

Kök kanal şekillendirmesine başlamadan önce 10 numaralı K-tipi el eğesi ile çalışma boyu kontrol edildi. Daha sonra ön genişletme yapılmadan kök kanal şekillendirilmesi Rotate (25/0.04) eğesi ile tamamlandı.

Kök kanallarının şekillendirilmesi, X-Smart Plus endodontik motorun tork ve hız seviyeleri, üretici firmaların talimatlarına göre her ön genişletme eğesi için düzenlendi. Ön genişletme eğeleri içeri-dışarı hareket ve fırçalama hareketi ile kullanıldı. Son genişletme eğesi olarak kullanılan Rotate eğesi, üretici talimatlarına göre tork kontrollü X-Smart Plus endodontik motorla 350 rpm hızda 2.3 Ncm torkta kullanılmıştır. Her eğe sadece 2 kök kanalı hazırlamak için kullanıldı. Kök kanal şekillendirilmesi ve irrigasyon prosedürleri tek bir araştırmacı tarafından gerçekleştirildi. Kök kanal irrigasyonu 27 gauge'luk iğne ile yapıldı. Irrigasyon solüsyonu olarak kök kanalı şekillendirmesi sırasında 8 ml ve şekillendirme sonrası 2 ml olmak üzere her bir kök kanalı için toplam 10 ml distile su kullanıldı. Kanal içerisinde oluşan debris tıkanıklığını

önlemek için apikal açıklık 10 numaralı K tipi eğe kullanılarak kontrol edildi. Eğeler kök kanal sisteminden her çıkarıldığında temizlendi. Kullanılan son eğe çalışma boyuna ulaştığında kök kanal şekillendirilmesi tamamlandı. Kök kanal şekillendirme tamamlandığında, köklerin apikal kısımları, kök apeksine yapışmış olan apikalden taşan debrisleri toplamak için 1 ml distile su ile yıkandı.

3.5. Apikalden Taşan Debris Miktarının Değerlendirilmesi

Şekillendirme işlemi tamamlandıktan sonra kullanılan eppendorf tüpler, taşan debris miktarını tartmadan önce distile suyu buharlaştırmak için 5 gün boyunca 70°'de bir etüvde muhafaza edildi (şekil 4.12). Her bir eppendorf tüp, içerisinde taşan debris ile birlikte olmak üzere tüplerin son ağırlığını elde etmek için aynı hassas terazi kullanarak, aynı stabil koşullarda üç kez tartıldı. Ölçülen ağırlıkların ortalaması alındı ve kaydedildi. Her bir örnek için kök kanal şekillendirme sonrası elde edilen değerden tüplerin içi boş olarak ölçülmüş olan ağırlık (başlangıç ağırlık) değeri arasında fark hesaplandı ve apikalden taşan debris ağırlığı olarak kaydedildi.



Şekil 4.12 Distile suyun uzaklaştırılması amacıyla kullanılan etüv cihazı

3.6. Verilerin İstatistiksel Analizi

Bu çalışma 6 gruptan oluşmakta ve her grupta 16 adet çekilmiş diş örneği kullanılarak gerçekleştirildi. İlk olarak, gruplara göre düzenlenen apikalden taşan debris miktarının özet istatistikleri hesaplandı. Apikalden taşan debris miktarına ait değerlerin arasında aşırı uç değer varlığı test edilmiş ve aşırı uç değer bulunmadığı tespit edildi. Tüm grupların normalliğini birlikte kontrol etmek için ANOVA modeli analiz edildi. Modeli analiz etmek için QQ grafiği ve Shapiro-Wilk normallik testi kullanıldı. Ayrıca normalliği test etmek için her grup için ayrı ayrı Shapiro-Wilk testi uygulandı ve QQ grafikleri çizildi. Varyans homojenliğini kontrol etmek için *residuals versus fitted* grafiği ve *Levene testi* kullanıldı. Her gruptaki gözlemler bağımsız olduğu, herhangi bir grupta aşırı uç değer bulunmadığı, her grubun verileri normal dağıldığı ve her grubun varyansı eşit olduğu için, gruplar arasında ortalamaları karşılaştırmak için Tek Yönlü ANOVA testi kullanıldı. Gruplar arasında ikili karşılaştırmalar için Tukey işlem sonrası testleri uygulandı. Tüm işlemler *RStudio* versiyon 1.4.1717 [138] ortamında *rstatix* [139] ve *ggpubr* [140] R paketleri kullanılarak gerçekleştirildi. Çalışmadaki tüm istatistiksel analizlerde p değeri 0,05'in altındaki sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4.BULGULAR

Tüm kök kanal şekillendirme gruplarında apikalden debris taşkınlığı gözlemlendi. Her bir grup için apikalden taşan debris miktarına ait ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Apikalden taşan debris için gruplara göre tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

Grup	N	En Düşük	En Yüksek	Medyan	Ortalama	Standart Sapma
Proglider	16	0,003	0,0034667	0,00318335	0,003210438	0,000147437
R-Pilot	16	0,0024	0,0030667	0,0028	0,002764606	0,000191864
WaveOne Gold Glider	16	0,0031667	0,0037667	0,00338335	0,003387525	0,000148512
Trunatomy Glider	16	0,0027667	0,0031667	0,0029	0,0029271	0,000107654
K-tipi eğe	16	0,0035667	0,004	0,00378335	0,003793763	0,000138893
Ön Genişletme Yapılmayan	16	0,0056	0,0062	0,00583335	0,00587085	0,000178003

Tek Yönlü ANOVA testi sonuçlarına göre gruplar arasında anlamlı farklılıklar olduğu görülmektedir (Şekil 1). Tüm gruplar arasında en fazla apikalden taşan debris miktarı ön genişletme yapılmayan grupta ve en az apikalden taşan debris miktarı R-Pilot grubunda meydana gelmiş olup istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Gruplar arasındaki ikili karşılaştırmaları değerlendirdiğimizde, en düşükten en yükseğe doğru apikalden taşan debris miktarı sırasıyla R-Pilot, Trunatomy Glider, Proglider, WaveOne Gold Glider, K-tipi eğe ve ön genişletme yapılmayan gruplar şeklinde olup; tüm gruplar arasında anlamlı farklılıklar olduğu görülmektedir ($p<0,05$) (Tablo 1, Şekil 1 ve Şekil 2).

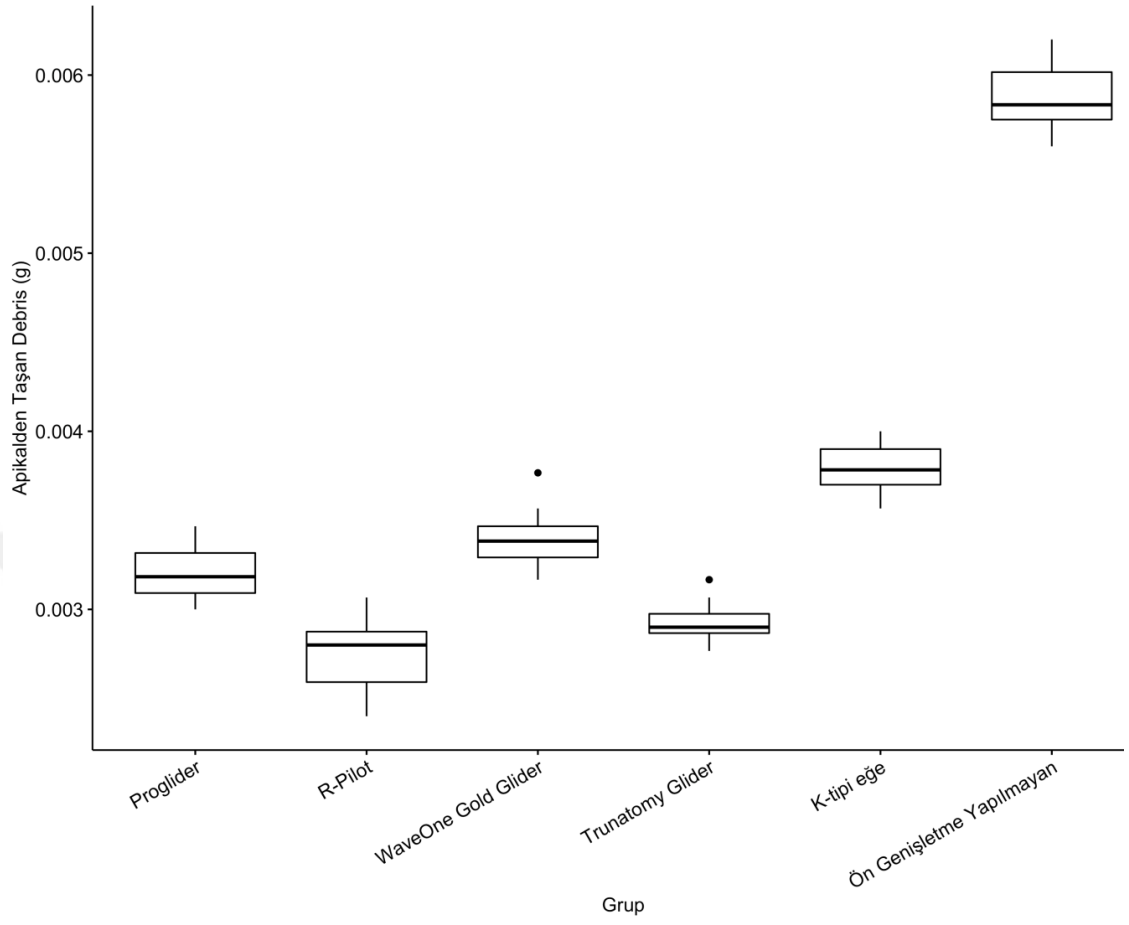
Proglider grubu; R-Pilot ($p<0.0001$), WaveOne Gold Glider ($p<0.05$), Trunatomy Glider ($p<0.0001$), K-tipi eęe ($p<0.0001$), ve ön genişletme yapılmayan ($p<0.0001$) gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark mevcuttur. Proglider grubunun apikalden taşan debris miktarının WaveOne Gold Glider, K-tipi eęe ve ön genişletme yapılmayan grubuna göre anlamlı derecede dūřuktur ancak Proglider grubunun apikalden taşan debris miktarının Trunatomy Glider ve R-Pilot grubuna göre anlamlı derecede yūksektir.

R-Pilot grubu; WaveOne Gold Glider ($p<0.0001$), Trunatomy Glider ($p<0.05$), K-files ($p<0.0001$), ve ön genişletme yapılmayan ($p<0.0001$) gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark mevcuttur. R-Pilot grubunun apikalden taşan debris miktarının WaveOne Gold Glider, Trunatomy Glider, K-tipi eęe ve ön genişletme yapılmayan grubuna göre anlamlı derecede dūřuktur.

WaveOne Gold Glider grubu; Trunatomy Glider ($p<0.0001$), K-tipi eęe ($p<0.0001$), ve ön genişletme yapılmayan ($p<0.0001$) gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark mevcuttur. WaveOne Gold Glider grubunun apikalden taşan debris miktarının, K-tipi eęe ve ön genişletme yapılmayan grubuna göre anlamlı derecede dūřuktur ancak WaveOne Gold Glider grubunun apikalden taşan debris miktarının Trunatomy Glider grubuna göre anlamlı derecede yūksektir.

Trunatomy Glider grubu; K-tipi eęe ($p<0.0001$), ve ön genişletme yapılmayan ($p<0.0001$) gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark mevcuttur. Trunatomy Glider grubunun apikalden taşan debris miktarının K- tipi eęe ve ön genişletme yapılmayan grubuna göre anlamlı derecede dūřuktur.

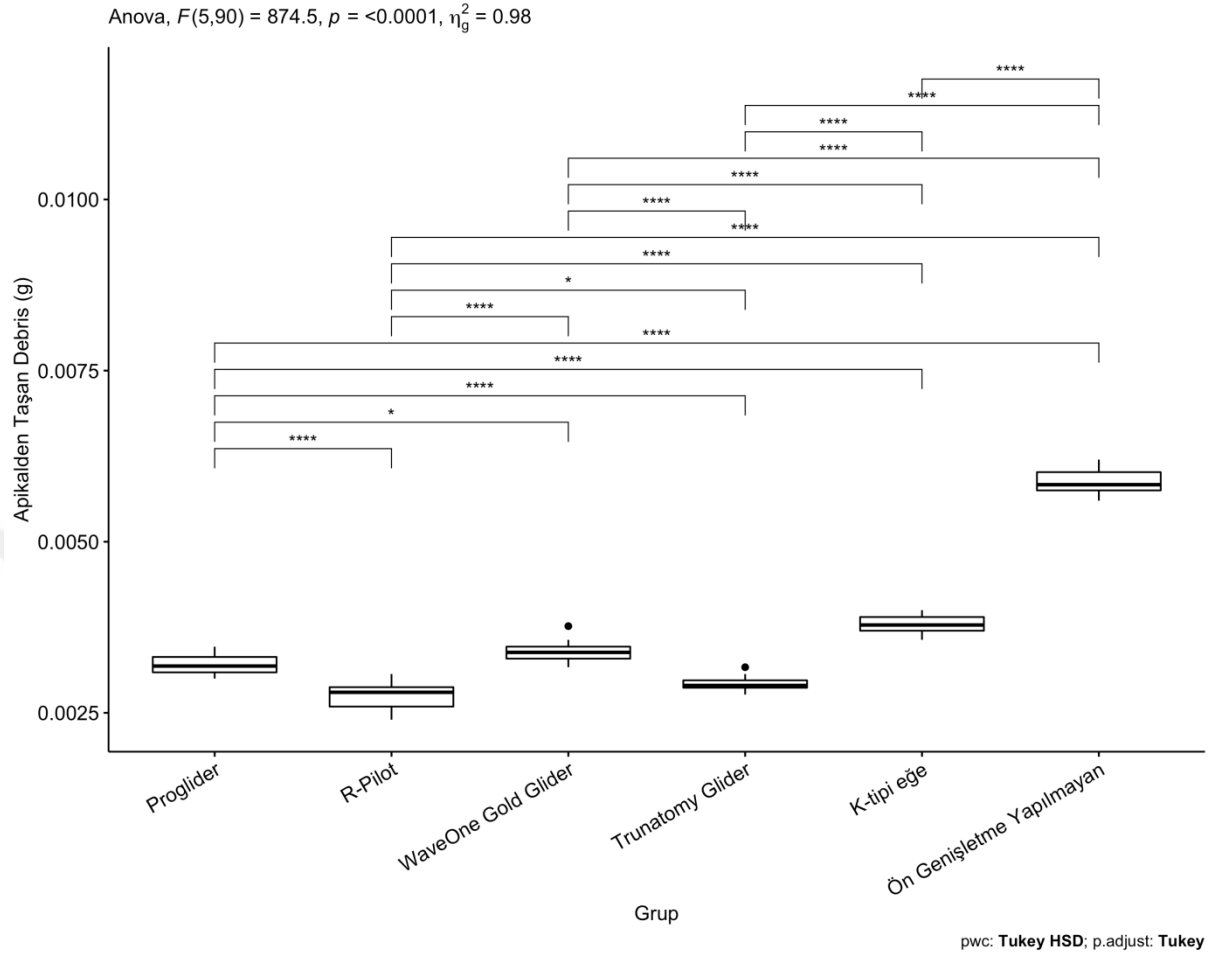
K- tipi eęe grubu ve ön genişletme yapılmayan ($p<0.0001$) gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark mevcuttur. K-tipi eęe grubunun apikalden taşan debris miktarının ön genişletme yapılmayan grubuna göre anlamlı derecede dūřuktur.



Şekil 5.1. Her grubun medyan, ortalama, minimum ve maksimum değerlerini gösteren, apikal taşan debris miktarının kutu grafiği

Tablo 2. Apikalden taşan debris miktarı için grupların ikili karşılaştırılması(*: $p<0.05$, **: $p<0.01$, ***: $p<0.001$, ****: $p<0.0001$, E: 10 üzeri değer)

Grup 1	Grup 2	Düzeltilmiş p-değeri (p.adj)	Anlamlılık Derecesi
Proglider	R-Pilot	4,64E-10	****
Proglider	WaveOne Gold Glider	0,02	*
Proglider	Trunatomy Glider	0,000019	****
Proglider	K-tipi eğe	4,35E-10	****
Proglider	Ön Genişletme	4,35E-10	****
	Yapılmayan		
R-Pilot	WaveOne Gold Glider	4,35E-10	****
R-Pilot	Trunatomy Glider	0,0423	*
R-Pilot	K-tipi eğe	4,35E-10	****
R-Pilot	Ön Genişletme	4,35E-10	****
	Yapılmayan		
WaveOne Gold Glider	Trunatomy Glider	4,43E-10	****
WaveOne Gold Glider	K-tipi eğe	1,3E-09	****
WaveOne Gold Glider	Ön Genişletme	4,35E-10	****
	Yapılmayan		
Trunatomy Glider	K-tipi eğe	4,35E-10	****
Trunatomy Glider	Ön Genişletme	4,35E-10	****
	Yapılmayan		
K-tipi eğe	Ön Genişletme	4,35E-10	****
	Yapılmayan		



Şekil 5.2. Grupların apikalden taşan debris miktarını gösteren kutu grafiği ile Anova ve ikili karşılaştırma sonuçları(*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$, ****: $p < 0.0001$)

5. TARTIŞMA

Kök kanal tedavinin başarısı, doğru teşhis, kök kanallarının etkin bir şekilde dezenfeksiyonu, şekillendirilmesi, apikal ve koronalden sıkı bir tıkama sağlayacak biçimde doldurulmasına bağlıdır [141]. Kök kanal hazırlığı; enfekte dokuların uzaklaştırılması, kök kanalının mekanik şekillendirilmesi ve kimyasal solüsyonlarla irrigasyon yapılması ile sağlanabilmektedir. Kemomekanik şekillendirme ile kök kanalında bulunan tüm organik dokular uzaklaştırılırken, kök kanalının orijinal anatomisini de korumalıdır. Uygun olmayan şekillendirme kök kanal dolgusunun başarısız olumsuz yönde etkilemektedir [42, 142].

Endodontik tedavinin temel amacı, orijinal kök kanal konfigürasyonunu korurken kök kanal sistemini şekillendirmek ve temizlemektir [143]. Özellikle eğimli dar kök kanallarında orijinal kanal şeklini korumak ve torsiyonel kırılma riskini azaltmak için Ni-Ti döner eğeler ile kök kanal hazırlığından önce rehber yolu hazırlığı yapılması önerilir [144, 145]. Topçuoğlu ve ark. [81], bir rehber yolu oluşturulduğunda apikal olarak ekstrüde edilen debris miktarının daha az olduğunu belirtmiştir. Apikalden taşan

Apikalden taşan debris miktarının kullanılan eğenin kesitine ve kök kanal şekillendirme tekniğine göre değiştiği ve mevcut preparasyon sistemlerin hiçbirinin kök kanallarını apikal debris taşkınlığı olmadan şekillendiremediği bildirilmiştir [16, 109, 146]. Bunun sonucunda apikalden taşan debris inflamasyonu tetiklemekte ve postoperatif komplikasyonlara veya ağrıya neden olabilmektedir [147-149]. Kök kanal şekillendirme sırasında apikal bölgeye itilen mikroorganizmaların sayısı ve virülansı periradiküler reaksiyonun derecesini belirleyen kritik faktörlerdir. Mikroorganizmaların miktarı ve virülansı, flare up oluşumunda etkili olmasına rağmen; enfekte olmayan dentin talaşı ve pulpa artıkları da periapikal bölgede enflamatuvar reaksiyona neden olabilmektedirler [149, 150]. Seltzer ve ark. [151] yaptığı çalışmada enfekte olmayan dentin talaşlarının apikal bölgeye itilmesinin periodontal ligamentte kollojen fibrillerinde gerilim oluşturduğu gösterilmiştir. Kök kanal tedavisi sırasında mikroorganizma virülansı gibi

niteliğe bağılı faktörlere müdahale edilemese de; apikalden taşan debris miktarı doğru çalışma boyu, doğru kök kanal şekillendirme yöntemi ve eğe sistemi kullanılarak azaltılabilir [152, 153]. Çalışmamızda çeşitli eğe sistemlerinin apikalden debris taşkınlığı miktarlarını kıyaslayarak olası olumsuz durumların önüne geçilmesi de amaçlanmıştır.

Apikalden debris taşkınlığı çalışmaları, doğal anatomik ortamın sağlanamaması sebebiyle in vitro olarak laboratuvar koşullarında yapılmaktadır. İn vitro çalışmalarda insan dişi ve akrilik rezin bloklar kullanılmaktadır. Akrilik rezin bloklar üzerinde yapılan şekillendirme, çekilmiş bir dişin kök kanalında yapılan şekillendirmeyi tam olarak yansıtmamasına rağmen farklı sistemlerin şekillendirme özellikleri karşılaştırılırken, rezin bloklar ile istenilen eğim, boyut ve şekilde sağlanan standardizasyon gerçek insan dişleriyle sağlanamamaktadır [154-156]. Ancak akrilik rezin bloklarının dezavantajlarından biri çekilmiş insan dişlerindeki üç boyutlu kök kanal morfolojisini doğru bir şekilde taklit edememesidir [154]. Bununla birlikte Weine [42] dentinin Knoop mikrosertlik miktarının 40 kg/mm^2 iken, rezin blokların 22 kg/mm^2 olduğunu bildirmiştir. Bu mikrosertlik farkı şekillendirme sırasında dentin duvarlarına göre rezin duvarlarından daha fazla madde kaldırılmasına yol açacaktır ve akrilik rezin bloklarda döner eğe sistemleri ile çalışılırken ortaya çıkan ısıdan dolayı rezin duvarının yumuşamasına neden olabileceği de bildirilmiştir [156, 157]. Bu sebeplerden dolayı çalışmamızda birbirlerine yakın anatomilere sahip kısa bir süre önce çekilmiş insan alt çene molar dişlerine ait meziobukkal kök kanalları kullanılmıştır. Dişlerin seçimi yapılırken standardizasyonu etkileyebilecek çürük, çatlak, kron veya kök kırığı bulunan, kök ucu malformasyonları, internal veya eksternal rezorbsiyonu olan, önceden kök kanal tedavisi yapıp yapılmadığı ve kalsifiye kök kanallarının varlığı tespit edilip bu dişler çalışmaya dâhil edilmemiştir. Bu şekilde apikal kök anatomisinin farklı durumlarından kaynaklanabilecek olası faktörlerin elimine edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın tüm aşamaları tek bir araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiş ve farklı uygulayıcı nedeniyle alınabilecek farklı sonuçlar ortadan kaldırılmıştır. Çalışmada döner eğe sistemlerinin tüm kullanım aşamaları, üretici firma tavsiyesi doğrultusunda yapılmıştır.

Apikalden taşan debris miktarını inceleyen çalışmalarda, kök kanal şekillendirilmesinde kullanılan tekniğin, kanal eğelerinin tip ve boyutunun, kullanılan eğenin apikal

foramene olan uzaklığının ve çalışma boyunun, kök kanal eğiminin, irrigasyon iğnelerinin uç çapları, şekilleri ve irrigasyon solüsyon miktarının apikalden taşan debris ve sıvı miktarlarını farklı oranlarda etkilediği tespit edilmiştir [109, 110, 158, 159].

Yapılan bazı çalışmalarda apikal foramen çap artışı ile apikalden taşan debris miktarı arasında bir ilişki olmadığı bildirilmiştir [109, 160, 161]. Ancak Tınaz ve ark.'nın [112] yapmış olduğu bir çalışmada ise apikal çap artışının daha büyük olduğu dişlerde apikalden taşan debris miktarının arttığını belirtmişlerdir. Bu sonuçlardan dolayı çalışmamızda, apikal çapın standardizasyonu için 10 numaralı K-tipi el eğesi ile apikal açıklık kontrol edilmiştir. Başlangıç apikal çapı 10 K-tipi eğeye eşit veya daha küçük olan dişler seçilmiştir. Eğenin apikal foramenden 1 mm'den fazla çıktığı dişler çalışma dışı bırakılmıştır.

Bazı çalışmalarda kök kanal preparasyonunun apikal foramen ile aynı seviyede veya apikal foramenin ötesinde yapılması, apikal foramenden 1 mm kısa olacak şekilde yapılan çalışmalara göre daha fazla miktarda apikalden debris taşkınlığına neden olduğu bildirilmiştir [115, 162]. Bu çalışmaya *dâhil* edilen tüm dişlerin standardizasyonunun sağlanması için kullanılacak dişlerin kronları, çalışma uzunlukları 19 mm'ye sabitlenmiştir ve geçmiş birçok çalışmada olduğu gibi kök boyundan 1 mm kısa olacak şekilde kök kanal şekillendirilmesi yapılmıştır [108, 115]. Bu işlem ile çalışma uzunluğu değişikliği veya kaybı nedeniyle oluşabilecek farklı sonuçların en aza indirilmesi sağlanmıştır.

Kök kanal eğimi, kök kanal tedavisinin başarısında önemli bir etkidir. Kök kanal eğiminin kök kanal eğelerinin dayanıklılığına, kök kanal tedavisi sırasında meydana gelecek komplikasyonlardan olan apikal transportasyona veya apikalden debris taşkınlığına etkisi geçmiş çalışmalarda incelenmiştir [37, 163]. Kök kanal eğiminin hesaplanmasında farklı yöntemler kullanılmaktadır [33, 137]. Apikalden debris taşkınlığını inceleyen çalışmalarda kök kanal eğimini belirlemek için Hinrichs ve ark.[110] Schneider'in [33], Leonardi ve ark. [119] ise Weine'in [42] tekniğini kullanmışlardır. Schneider'in sınıflamasına göre 5° derece ve altı eğime sahip kanallar düz, 10°-20° arasında orta eğimli, 25°-70° arasında ise aşırı eğimli kanallar olarak tanımlanmıştır [108]. Kök kanal eğiminin apikalden taşan debris miktarını etkileyip etkilemediği konusunda yapılan çalışmalarda farklı görüşler bildirilmiştir. Karataşlıoğlu ve ark. [117] aşırı eğime sahip olan kök kanallarında, hafif ve orta derecede eğimli kök

kanallarına göre daha fazla apikalden debris çıkışının görüldüğünü bildirmişlerdir. Miranda ve arkadaşları [118], yaptıkları çalışmada hafif ve orta derecede eğime (11° - 25°) sahip dişleri gruplara ayırıp incelemişlerdir ve orta dereceli eğime sahip dişlerin, hafif eğime sahip kök kanallarından daha fazla apikal debris taşkınlığı görüldüğünü bildirmişlerdir. Leonardi ve ark. [119], yaptıkları çalışmada; hafif ($15-22^{\circ}$) ve orta ($23-30^{\circ}$) eğimli kanallar arasında, apikalden debris taşkınlığı miktarı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Hinrichs ve ark. [110] kanal eğimi, kanal çalışma boyu ve apikal foramen çapı gibi etkenlerin apikalden debris çıkışı üzerinde etkisi olmadığı ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Bu bilgiler ışığında çalışmamızda 25° - 35° arasında kök kanal eğimine sahip alt çene molar dişler seçilmiştir.

Kök kanal şekillendirilmesi sırasında yapılan irrigasyon; irrigasyon iğnesinin uç çapı ve kök kanalı içerisindeki derinliği gibi faktörlerden etkilenir [124]. İrrigasyon yapılırken kullanılan enjektör ucunun apikale ne kadar mesafede konumlandığı ne tür bir irrigasyon iğnesinin kullanıldığı irrigasyonun basıncı ve etkisi bakımından önemi büyüktür [124]. Yapılan çalışmalarda, dental enjektör ucunun dişin apikaline ancak 1 mm'ye kadar konumlandırıldığında irrigasyonun etkisinin olduğu görülmüş ve çalışma sonuçlarında belirtilmiştir [164]. Kök kanal tedavisi sırasında yapılan kemomekanik preparasyonun irrigasyon aşamalarında dental enjektörün ucunun olabildiğince apikale yakın olacak biçimde yerleştirilmesiyle dezenfeksiyon açısından etkinliğinin önemli oranda arttırdığı görülse de, apikalden taşan debris ve irrigasyon miktarını da arttırabileceği bildirilmiştir [165] .

Apikalden debris taşmasını inceleyen çalışmaların büyük çoğunluğunda değişik gauge'lara sahip geleneksel iğneler kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada; 28 ve 30 gauge'luk irrigasyon iğneleri kullanılmıştır. Farklı gauge sahip irrigasyon iğneleriyle irrigasyon yaparken çalışma boyunun 1 mm ve 3 mm gerisine konumlandırılarak apikalden taşan debris miktarı karşılaştırılmıştır ve çalışma boyunun 1 mm geriye konumlandırıldığı gruplarda daha fazla miktarda debris çıkışı olduğu görülmüştür. Bununla birlikte dental enjektör uç çapı arttıkça (28 gauge) apikalden taşan debris miktarının arttığı görülmüştür [126]. Yapılan bazı çalışmalarda; 30 G dental enjektörün, 23 G dental enjektör ucuna sahip olanlara kıyasla irrigasyonun daha etkili olduğu belirtilmiştir [165]. Bizim çalışmamızda da 27 G'luk dental enjektör kullanarak,

enjektörün ucu duvarda sıkışmayacak şekilde özenle yerleştirip apikale 1mm geride kalacak şekilde ileri-geri hareketlerle irrigasyon solüsyonu uygulanmıştır.

Kullanılan irrigasyon iğnesinin özellikleri açısından değerlendirildiğinde, iğne özelliklerindeki apikalden taşan debris miktarı konusunda etkili olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalarda, yandan delikli irrigasyon iğnesinin geleneksel dental enjektöre kıyasla daha az apikal debris ve sıvı taşkınlığına yol açtığı bildirilmiştir [125]. Yapılan başka bir çalışmada, üç farklı irrigasyon iğnesi kullanarak apikalden taşan debris miktarı değerlendirilmiştir. Buna göre en çok apikalden debris taşkınlığı sondan açılan geleneksel dental enjektörlerle olduğu, ikinci olarak yandan delikli enjektörlerle en az taşan debrisin ise çift yandan delikli (double side-vented) enjektörle ilgili olduğu görülmüştür [166]. Çalışmamızda yandan delikli iğne kullanımının debrisin apikalden taşma miktarını etkileyebileceği düşünüldüğünden klinik kullanım şartları düşünülerek ucu açık geleneksel dental enjektörler kullanılarak irrigasyon yapılmıştır.

Bu deney düzeneğin en önemli eksikliği Myers ve Montgomery tarafından da daha önce belirtildiği gibi periapikal bölgede doğal bir bariyer görevi gören periodontal ligament ve kemik gibi yapılarının bulunmaması nedeniyle periapikal basıncı taklit edememesidir. Yapılan bazı çalışmalarda periapikal dokuları taklit etmek için çiçek süngerleri veya %1,5'lik agar jel gibi materyaller kullanmışlardır [125, 167, 168]. Ancak çiçek süngerleri veya %1,5'lik agar jel gibi materyallerin kullanımında deney sonuçlarını olumsuz yönde etkileyebileceği kanısına varılmıştır. Yapılan bir çalışmada çiçek süngerin kullanımında, süngerin debris ve irrigasyon solüsyonunu emmesi nedeniyle kuru debris miktarının ölçülmesinde hatalı sonuçlara neden olabileceği bildirilmiştir [168]. %1,5'lik agar jelin kullanılmasında da periapikal dokuları tam olarak taklit edemediği ve deney esnasında uygulama zorluğunun bulunduğunu için çalışmamızda olduğu gibi birçok çalışmada da periapikal bölgeyi taklit etmek için herhangi bir yöntem kullanılmamıştır [167, 169, 170].

Apikalden taşan debrisin toplanıp ölçülmesi için birçok çalışma yapılmış ve bu konuyla ilgili çok farklı deney düzenekleri kullanılmıştır. Ancak en çok kabul gören 1991 yılında Myers ve Montgomery'in önerdiği düzenektir [108]. Çalışmamızda ilk olarak Myers ve Montgomery tarafından kullanılmış olan ve Ferraz ve ark. tarafından modifiye edilen deney düzeneğini kullanılmıştır. Bu tür çalışmalarda sıklıkla cam şişe [108] veya eppendorf tüpler [158, 171] debris toplama kabı olarak kullanılırken bazı araştırmacılar

alüminyum kronlardan faydalanmışlardır [107]. Cam şişenin ağırlığından dolayı hassas terazideki sapma göz önüne alındığında ölçümlerimizin güvenilir olabilmesi için daha hafif olan eppendorf tüpleri çalışmamızda tercih edilmiştir. Deney düzeneğinde preparasyon yapılacak olan dişin apikal kısmı debrisin biriktiği eppendorf tüp içerisinde kalacak şekilde yerleştirilir ve eppendorf tüp başka bir cam şişe içerisine oturtulur. Tüp iç ve dış hava basıncının dengelenmesi için tüp içerisinde kalacak şekilde önceden bükülmüş 27 gauge'luk bir dental enjektör ucu kapağa yerleştirilmiştir.

Apikalden debris taşmasını inceleyen geçmiş çalışmaların bazılarında irrigasyon solüsyonu olarak klinik kullanımı en yaygın olan sodyum hipoklorit (NaOCl) kullanılmıştır [125]. Birçok araştırmacı ise debris biriken eppendorf tüpünde NaOCl kristalleri oluşturması nedeniyle NaOCl'nin debris ağırlığını etkileyebileceğini öne sürmüşler ve distile su kullanımını tercih etmişlerdir [110, 119, 172]. Çalışmamızda klinik olarak sıkça kullanılan NaOCl'in taşan debrisi çözmesi ve de NaOCl kristalleri nedeniyle, apikalden taşan debris miktarı ölçümlerini etkilememesi için irrigasyon solüsyonu olarak distile su kullanılmıştır. Çalışmalarda kullanılan distile su miktarı da farklılık göstermektedir. Bazı araştırmacılar her diş ya da kök kanalı için toplamda sabit miktarda distile su kullanırken [111, 119], bazı araştırmacılar ise her kanal egesi değişiminde belli bir miktar distile su kullanmışlardır [16, 108]. Çalışmamızda her bir kök kanalı şekillendirmesi sırasında toplam 8 ml distile su ve şekillendirme sonrası ise 2 ml distile su olmak üzere her bir kök kanalı için toplam 10 ml distile su kullanılmıştır. Kök kanal şekillendirme tamamlandığında, köklerin apikal kısımları, kök apeksine yapışmış olan apikal ekstrüde debris artıkları toplamak için 1 mL distile su ile yıkanmıştır.

Apikalden debris taşkınlığı çalışmalarında araştırmacılar, deney düzeneklerinde kullanılan irrigasyon solüsyonunu uzaklaştırmak amacıyla çeşitli yöntemler kullanmışlardır. Al-Omari ve Dummer [109] oda sıcaklığında 1 ay, Ruiz Hubard [154] ve arkadaşları 110°C' de 4 dk bekleterek sıvıyı buharlaştırmışlardır. Fairbourn ve ark. [107], apikalden taşan debris miktarı üzerinde ortamın neminin etkisi olabileceğini düşündüklerinden deney düzeneklerinde kullandıkları alüminyum kuronları 90° C'de 1 saat inkübatörde kurutmuşlardır. Diğer birçok çalışmada da 68-70°C'de 5-7 gün boyunca sıvının buharlaştırılması için inkübatörde bekletilmiştir [14, 123]. Kuru sıcak hava fırınları homojen bir ısıda buharlaşmayı sağlamaktadır. Bizim de çalışmamızda

distile suyu buharlaştırmak için eppendorf tüplerini 70°C’de 5 gün boyunca inkübatörde bekletildi. Yapmış olduğumuz çalışmada deney düzenekleri, başlangıç aşamasından hassas terazide tartım aşamasına kadar basınç değeri, sıcaklık ve nemi standart olan laboratuvar ortamında muhafaza edilmiş ve bu şekilde ortam şartlarının deney sonuçlarına etkisi ortadan kaldırılmıştır.

Apikalden debris taşkınlığı çalışmalarında apikalden taşan miktarın çok az olması nedeniyle hassasiyeti yüksek teraziler ağırlığı belirlemek için kullanılmaktadır. Çalışmalarda genellikle 10^{-4} [119, 167] ve 10^{-5} [16, 173, 174] hassasiyetindeki teraziler kullanılmıştır. Daha düşük hassasiyette terazi kullanımı apikalden debris taşkınlığının olmaması gibi iyimser bir sonuç çıkarılmasına neden olabilir. Değişkenler arasında fark bulunmaması çalışmanın güvenilirliğini azaltabilir. Bu yüzden çalışmamızda 10^{-5} gram olan hassasiyetindeki terazi (AUW-220D; Shimadzu, Tokyo, Japan) kullanılmıştır.

Çalışmamızda; ön genişletme yapılarak (Ni-Ti döner ön genişletme eğeleri ve manuel K-tipi ege ile) ve ön genişletme yapılmadan kök kanal şekillendirmenin Rotate ege ile tamamlandığı eğimli kök kanallarında apikalden taşan debris miktarı üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Tüm gruplar arasında en fazla apikalden taşan debris miktarı ön genişletme yapılmayan grupta ve en az apikalden taşan debris miktarı R-Pilot grubunda meydana gelmiş olup istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalara bakıldığında, tüm gruplar arasında anlamlı fark olduğu görülmüştür ($p<0,05$). ProGlider ve WaveOne Gold Glider ($p=0,02$) ile R-Pilot ve Trunatomy Glider grupları ($p=0,0423$) arasındaki farklar düşük olsa da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu in vitro çalışmanın sonuçları test edilen tüm gruplarda apikalden taşkın debris oluşturduğunu göstermiştir. Enstrümantasyon tekniğinin ve eğelerin kendilerine özgü tasarımının bu miktarı etkilediği bilinmektedir [109, 120]. Kanal şekillendirilmesinin bitirilme noktası, şekillendirme tekniği, kanal eğimi, irrigasyon solüsyonu ve miktarı, irrigasyon iğnelerinin uç çapları ve şekilleri, kullanılan ege sistemleri, kullanılan eğelerin apikal çapı, kesiti, bıçak sayısı, kesme etkinliği, açılanmaları, denge merkezi ve hareket şekli kök kanallarının apikalden taşan materyalin miktarını etkileyen faktörlerdir [15, 24, 116]

Çalışmamızda farklı kesitsel tasarımlara sahip Ni-Ti döner ön genişletme ege sistemleri kullanılmıştır. R-pilot sistemi “S” şeklinde enine kesit yapısına sahiptir ve resiprokal hareket ile çalışmaktadır. S şeklinde enine kesit tasarıma sahip Ni-Ti döner eğeler,

dikdörtgen ve üçgen kesitli Ni-Ti döner eğelerden daha yüksek döngüsel yorulma direncine sahiptir [175, 176]. “S” şeklindeki enine kesit eğeler, dışbükey, üçgen ve paralelkenar kesit tasarımlarına kıyasla daha düşük bir çekirdek alanına sahiptir [177]. R-Pilot ege sisteminin daha düşük çekirdek alanı ile birlikte daha fazla debris oluklarında taşınması ile diğer ege sistemlerinden daha az miktarda apikalden debris taşkınlığına neden olduğu söylenebilir.

Bürklein ve ark. [16] tarafından yapılan çalışmada, resiprokasyon ve rotasyon yapan sistemler karşılaştırılmış, resiprokasyon hareketinin daha fazla apikalden debris taşkınlığına neden olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızın sonuçlarına göre rotary hareketi ile kullanılan Trunatomy Glider ve Proglider, resiprokal hareketiyle kullanılan Waveone Gold Glider’a oranla anlamlı derecede daha az apikalden debris taşkınlığına yol açtığı belirlenmiştir. Ni-Ti döner eğeler resiprokal hareket ile kullanıldığında apekse doğru apikalden debris taşkınlığını artırabilir. Aksine, rotasyon hareket, dentin talaşlarının ve artıklarının koronal taşınmasını sağlayarak apikalden debris taşkınlığını azaltabilir. Bununla birlikte R-Pilot ve WaveOne Gold Glider ege sistemlerinin ikiside resiprokasyon hareketiyle kullanılmasına rağmen; R-Pilot egesinin apikalden taşan debris miktarının anlamlı derecede daha az olduğu görülmüştür ($p<0.0001$). Bu durumun R-Pilot ve WaveOne Gold Glider eğelerinin farklı çapraz kesit tasarımlarına sahip olmalarından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Çalışmamızın sonuçlarına göre Trunatomy Glider, Proglider’a kıyasla apikalden anlamlı derecede daha az debris taşımıştır. Bu eğelerin; kesit tasarımı (paralelkenar), egede kullanılan metal alaşımı (M-Wire alaşım) ve kinematikleri (rotasyonel hareket) benzer olmasına rağmen; ortaya çıkan bu sonucun, kullanılan örneklerin kök kanal anatomilerinin farklı olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Kök kanal şekillendirme sırasında kanalda rehber yolu oluşturmanın Ni-Ti döner eğelerinin performansını arttırdığı bilinmektedir [178]. Topçuoğlu ve ark. [81], eğimli kök kanallarında Reciproc, WaveOne ve OneShape sistemlerini kullanarak kök kanal şekillendirilmesi sırasında apikalden taşan debris miktarı üzerindeki rehber yolunun etkisini karşılaştırmışlardır. Bu ege sistemlerine rehber yol oluşturularak kök kanal şekillendirme tamamlandığında apikalden taşan debris miktarının anlamlı derecede daha az olduğu bildirilmiştir. Kırıcı ve ark. [179] 2020 yılında yaptıkları çalışmada, 25° ile 35° arasında değişen eğrilik açlarına sahip aşırı eğimli 36 mandibular 1. Molar dişin

mezial kökleri çalışmaya dâhil edilmiştir. Araştırmacılar, WaveOne Gold sistemi kullanarak kök kanalı şekillendirmesi sırasında farklı Ni-Ti döner ön genişletme eğelerinin (Proglider, WaveOne Gold Glider) apikalden taşan debris miktarı üzerindeki etkisini karşılaştırmışlardır. Kontrol grubu olarak belirlenen kök kanal şekillendirmesi sırasında rehber yol oluşturulmayan grupta, WaveOne Gold Glider ile rehber yol oluşturulan gruba göre apikalden taşan debris miktarının anlamlı derecede daha fazla olduğu bildirilmiştir. 2019 yılında Shaker ve ark. [180] yaptıkları çalışmada, tek kanallı 60 mandibular premolar dişlerinde Reciproc sistemi kullanılarak kök kanal şekillendirilmesi sırasında apikalden taşan debris miktarı üzerindeki rehber yolunun etkisini karşılaştırmışlardır. Rehber yol oluşturularak kök kanal şekillendirme tamamlandığında apikalden taşan debris miktarının anlamlı derecede daha az olduğu bildirilmiştir. Bizim çalışmamızın bulguları da literatür bilgilerini desteklemektedir [81,179,180].

2018 yılında Güneş ve ark. [14] yaptıkları çalışmada, ön genişletme yapılarak (K-file, G-File, One G, Proglider, Pathfile) ve ön genişletme yapılmadan kök kanal şekillendirmenin WaveOne Gold ege ile tamamlandığı eğimli kök kanallarında apikalden taşan debris miktarı üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre, K-tipi eğenin, One G egesinden daha fazla debris taşkınlığına neden olduğu ve rehber yol hazırlığının apikalden taşan debris miktarına etkisi olmadığı görülmüştür. Ancak bizim çalışmamızda ise, apikalden taşan debris miktarı ön genişletme yapılmayan grupta en fazla olup; rehber yol hazırlığının apikalden taşan debris miktarına etkisinin olduğu görülmüştür. Bu durumun, çalışmamızda kullanılan Ni-Ti döner ön genişletme eğelerinin, boyutlarının ve kinematiklerinin farklı olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

2020 yılında Keskin ve ark. [18] yaptıkları çalışmada, 25° ile 35° arasında değişen eğrilik açlarına sahip aşırı eğimli seksen mandibular 1. Molar dişin mezial kökleri çalışmaya dâhil edilmiştir. Araştırmacılar, kök kanallarında Reciproc Blue R25 egesi (Dentsply Maillefer) ile kök kanalları hazırlanırken manuel ön genişletme ve farklı Ni-Ti döner ön genişletme eğeleri (ProGlider, R-Pilot, WaveOne Gold Glider) kullanıldıktan sonra apikalden taşan debris miktarını karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucuna göre, K-tipi eğenin, tüm Ni-Ti döner ön genişletme eğelerine göre apikalden taşan debris miktarının anlamlı derecede daha fazla olduğu bildirilmiş ve ProGlider, R-Pilot, WaveOne Gold Glider Ni-Ti döner ön genişletme eğelerinin birbirleri arasında

anlamli bir fark bulunmadığını belirtmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçlarıyla uyumlu olarak K-tipi eğenin, Ni-Ti döner ön genişletme eğelere kıyasla apikalden taşan debris miktarının anlamli derecede daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ancak çalışmamızda; ProGlider, R-Pilot, WaveOne Gold Glider grupları arasında istatistiksel olarak anlamli fark mevcuttur. R-Pilot grubunun apikalden taşan debris miktarının Proglider ($p<0.0001$) ve WaveOne Gold Glider ($p<0.0001$) grubuna göre anlamli derecede düşüktür. ProGlider ve WaveOne Gold Glider arasındaki farklar düşük olsa da anlamlidir ($p=0.02$). Bu durumun ilgili araştırma ile bizim çalışmamız arasındaki örneklerin kök kanal morfolojisindeki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceğini düşünmekteyiz.

2017 yılında Dagna ve ark. [181] yaptıkları çalışmada, 10° ile 20° arasında değişen eğrilik açlarına sahip orta derecede eğimli 60 mandibular 1. Molar dişin mezial kökleri çalışmaya *dâhil* edilmiştir. Araştırmacılar, manuel ön genişletme eğe (K-tipi) ve farklı Ni-Ti döner ön genişletme eğeleriyle (PathFile, G-File, ProGlider, One G) rehber yol hazırlığından sonra apikalden taşan debris miktarını karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucuna göre, K-tipi eğenin, tüm Ni-Ti döner ön genişletme eğelerine göre apikalden taşan debris miktarının anlamli derecede daha fazla olduğu bildirilmiştir. Ancak PathFile, G-File, ProGlider, One G Ni-Ti döner ön genişletme eğelerinin birbirleri arasında anlamli bir fark bulunmadığını belirtmişlerdir. 2016 yılında Ha ve ark. [144] yaptıkları çalışmada, manuel ön genişletme eğe (K-tipi) ve farklı Ni-Ti döner ön genişletme eğeleriyle (One G, ProGlider, ScoutRace) rehber yol hazırlığından sonra apikalden taşan debris miktarını karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucuna göre, K-tipi eğenin, tüm Ni-Ti döner ön genişletme eğelerine göre apikalden taşan debris miktarının anlamli derecede daha fazla olduğu bildirilmiştir. Ancak One G, ProGlider, ScoutRace Ni-Ti döner ön genişletme eğelerinin birbirleri arasında anlamli bir fark bulunmadığını belirtmişlerdir. Manuel olarak K-tipi eğelerinin standart preparasyon tekniğiyle kullanılması, debrisleri apikal olarak iten bir piston gibi hareket ederken, daimi rotasyon hareketin debrislerin bir kısmının koronal yönde taşınmasını kolaylaştırdığı çalışmalarda bildirilmiştir [112, 158]. Bundan dolayı K-tipi eğeler, Ni-Ti döner eğe sistemlerine göre apikalden daha fazla debris taşkınlığına neden olduğu gösterilmiştir [112, 182]. Ni-Ti döner eğelerin hareketi ve artan taper açısı, debrisin koronal yönde taşınmasına izin vererek daha geniş boşluklar oluşturarak apikalden taşan debris

miktarını etkileyebildiği bildirilmiştir. Çalışmamızın bulguları, manuel rehber yol hazırlığının Ni-Ti döner eğelere kıyasla önemli ölçüde apikalden taşan debris miktarının daha fazla olduğu önceki çalışmaların sonuçlarıyla uyumludur.

Sonuç olarak, bu in vitro çalışmanın sınırlamaları *dâhilinde*, apikalden taşan debris miktarı en fazla, ön genişletme yapılmayan grupta olup; sırasıyla manuel K-tipi eğe, WaveOne Gold Glider, ProGlider, Trunatomy Glider, R-Pilot şeklinde devam etmektedir. Bu çalışma eğimli kanallarda kök kanal şekillendirme öncesinde rehber yol oluşturma apikalden taşan debris miktarını azaltacağını bildirmiştir. Farklı ön genişletme eğelerinin apikalden taşan debris miktarına etkilerin yeniden değerlendirilmesi ve en uygun eğelerin yapılacak tedavi için seçilebilmesi adına daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmamızda ön genişletme yapılarak (Ni-Ti döner ön genişletme eğe ve manuel K-tipi ön genişletme eğe ile) ve ön genişletme yapılmadan kök kanal şekillendirmenin Rotate eğe sistemi ile tamamlandığı eğimli kök kanallarında apikalden taşan debris miktarları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda elde edilen bulgular doğrultusunda aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmış ve bazı önerilerde bulunulmuştur;

- 1- Bu çalışmada kullanılan ön genişletme yapılarak (Ni-Ti döner ön genişletme eğe ve manuel K-tipi ön genişletme eğe ile) ve ön genişletme yapılmadan kök kanal şekillendirmenin tamamlandığı tüm eğe sistemlerinde, tasarım ve metalürjik farklılıklarına rağmen apikalden debris taşkınlığına neden olduğu gözlenmektedir.
- 2- Tüm gruplar arasında en fazla apikalden debris taşkınlığı ön genişletme yapılmayan grupta ve en az apikalden debris çıkışı R-Pilot grupta olduğu tespit edilmiştir.
- 3- Gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalara bakıldığında, tüm gruplar arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir.
- 4- Apikalden taşan debris miktarının ölçüldüğü in-vitro çalışmaların hiçbirinde periapikal basınç taklidi ve ortam koşulları standartizasyonunu sağlamak mümkün değildir. Ancak sistemler eşit şartlarda kıyaslandığı için elde edilen sonuçların klinisyenler açısından yararlı olacağını düşünmekteyiz.
- 5- Rehber yol oluşturularak kök kanal şekillendirme tamamlandığında apikalden taşan debris miktarının anlamlı derecede daha az olduğu bulunmuştur. Apikalden taşan debris miktarını azaltmak amacıyla kök kanal şekillendirme yapılmadan önce rehber yol oluşturulması önerilebilir.

- 6- Özellikle eğimli ve dar kök kanallarda, apikalden taşan debris miktarını azaltmak amacıyla kök kanal şekillendirme yapılmadan önce “S” şeklinde enine kesit yapısına sahip olan ve resiprokal hareket ile çalışan R-Pilot eğe kullanılması önerilebilir.



7. KAYNAKLAR

1. Peters, O.A., Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *Journal of endodontics*, 2004. 30(8): p. 559-567.
2. De Carvalho, G.M. ve ark., Apical transportation, centering ability, and cleaning effectiveness of reciprocating single-file system associated with different glide path techniques. *Journal of endodontics*, 2015. 41(12): p. 2045-2049.
3. Bürklein, S., P. Tsotsis, E. Schäfer, Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. *Journal of endodontics*, 2013. 39(4): p. 501-504.
4. Alovizi, M., Micro- CT evaluation of several glide path techniques and ProTaper Next shaping outcomes in maxillary first molar curved canals. *International endodontic journal*, 2017. 50(4): p. 387-397.
5. Sattapan, B., Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *Journal of endodontics*, 2000. 26(3): p. 161-165.
6. Patiño, P.V., The influence of a manual glide path on the separation rate of NiTi rotary instruments. *Journal of Endodontics*, 2005. 31(2): p. 114-116.
7. Roland, D.D., The effect of preflaring on the rates of separation for 0.04 taper nickel titanium rotary instruments. *Journal of Endodontics*, 2002. 28(7): p. 543-545.
8. Berutti, E., Use of nickel-titanium rotary PathFile to create the glide path: comparison with manual preflaring in simulated root canals. *Journal of Endodontics*, 2009. 35(3): p. 408-412.
9. D'Amario, M., Evaluation of a new nickel-titanium system to create the glide path in root canal preparation of curved canals. *Journal of Endodontics*, 2013. 39(12): p. 1581-1584.

10. Berutti, E., Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary instruments. *Journal of Endodontics*, 2004. 30(4): p. 228-230.
11. West, J.D., The endodontic Glidepath:" Secret to rotary safety". *Dentistry today*, 2010. 29(9): p. 86, 88, 90-3.
12. Paleker F., Van der Vyver P.J., Glide path enlargement of mandibular molar canals by using K-Files, the ProGlider File, and G-Files: a comparative study of the preparation times. *Journal of endodontics*, 2017. 43(4): p. 609-612.
13. Kirchhoff, A.L., Glide path management with single-and multiple-instrument rotary systems in curved canals: a micro-computed tomographic study. *Journal of endodontics*, 2015. 41(11): p. 1880-1883.
14. Gunes, B., K.Y. Yeter, Effects of different glide path files on apical debris extrusion in curved root canals. *Journal of endodontics*, 2018. 44(7): p. 1191-1194.
15. Seltzer S., Naidorf I.J., Flare-ups in endodontics: I. Etiological factors. *Journal of endodontics*, 1985. 11(11): p. 472-478.
16. Bürklein S., E. Schäfer, Apically extruded debris with reciprocating single-file and full-sequence rotary instrumentation systems. *Journal of endodontics*, 2012. 38(6): p. 850-852.
17. Elnaghy A., S. Elsaka, Evaluation of the mechanical behaviour of PathFile and ProGlider pathfinding nickel-titanium rotary instruments. *International Endodontic Journal*, 2015. 48(9): p. 894-901.
18. Keskin, C., Ö. Sivas Yilmaz, U. Inan, Apically extruded debris produced during glide path preparation using R- Pilot, WaveOne Gold Glider and ProGlider in curved root canals. *Australian Endodontic Journal*, 2020. 46(3): p. 439-444.
19. Van der Vyver, P.J., M. Vorster, O.A. Peters, Minimally invasive endodontics using a new single-file rotary system. *Int Dent-African ed*, 2019. 9(4): p. 6-20.
20. Haapasalo, M., Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic topics*, 2005. 10(1): p. 77-102.
21. Schilder, H., Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am*, 1974. 18: p. 269-296.

22. Johnson, W.T., Obturation of the cleaned and shaped root canal system. *Pathways of the Pulp*, 2006: p. 358-399.
23. Deplazes P., O. Peters, F. Barbakow, Comparing Apical Preparations of Root Canals Shaped by Nickel-Titanium Rotary Instruments and Nickel–Titanium Hand Instruments. *Journal of Endodontics*, 2001. 27(3): p. 196-202.
24. Hülsmann, M., O.A. Peters, and P.M. Dummer, Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic topics*, 2005. 10(1): p. 30-76.
25. Bürklein S., E. Schäfer, Critical evaluation of root canal transportation by instrumentation. *Endodontic Topics*, 2013. 29(1): p. 110-124.
26. Young, G., P. Parashos, H. Messer, The principles of techniques for cleaning root canals. *Australian Dental Journal*, 2007. 52: p. S52-S63.
27. Vertucci, F.J., Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 1984. 58(5): p. 589-599.
28. Dankner E., S. Friedman, A. Stabholz, Bilateral C shape configuration in maxillary first molars. *Journal of endodontics*, 1990. 16(12): p. 601-603.
29. Ricucci D., Histologic investigation of root canal–treated teeth with apical periodontitis: a retrospective study from twenty-four patients. *Journal of endodontics*, 2009. 35(4): p. 493-502.
30. Gutmann, J.L., Prevalence, location, and patency of accessory canals in the furcation region of permanent molars. *Journal of periodontology*, 1978. 49(1): p. 21-26.
31. Cheung G., B. Darvell, Fatigue testing of a NiTi rotary instrument. Part 1: strain–life relationship. *International endodontic journal*, 2007. 40(8): p. 612-618.
32. Mounce, R., Negotiating challenging mid root curvatures: rounding the bend. *Dentistry today*, 2007. 26(2): p. 108, 110, 112-108, 110, 112.
33. Schneider, S.W., A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral surgery, Oral medicine, Oral pathology*, 1971. 32(2): p. 271-275.

34. Karaman T., Üst molar dişlerin meziobukkal kök kanallarında bulunan kanal kurvatürlerinin radyografik olarak incelenmesi. Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Derg.(. Clinical Dentistry and Research), 2009. 33(2): p. 2-8.
35. Weine, F., The use of non-ISO-tapered instruments for canal flaring. Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995), 1996. 17(7): p. 651-6, 658.
36. Hankins, P.J., M.E. ElDeeb, An evaluation of the canal master, balanced-force, and step-back techniques. Journal of endodontics, 1996. 22(3): p. 123-130.
37. Pruett J.P., D.J. Clement, and D.L. Carnes Jr, Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. Journal of endodontics, 1997. 23(2): p. 77-85.
38. Küçükay S., I. Küçükay, B. Yılmaz, Kök kanalı Şekillendirme Yöntemleri. İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, 2004. 89.
39. Beer, R., J. Philip, Optimale Wurzelkanalaufbereitung. Welche Technik führt zum Ziel, 1992: p. 261-267.
40. Ingle, J.I., A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 1961. 14(1): p. 83-91.
41. Wh., C., Endodontics: the adolescent patient. Dental Clinics of North America., 1969: p. 13: 482-493.
42. Weine, F.S., R.F. Kelly, P.J. Lio, The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. Journal of endodontics, 1975. 1(8): p. 255-262.
43. Walton, R.E., Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space. Journal of Endodontics, 1976. 2(10): p. 304-311.
44. Roane, J.B., C.L. Sabala, and M.G. Duncanson Jr, The “balanced force” concept for instrumentation of curved canals. Journal of endodontics, 1985. 11(5): p. 203-211.
45. Goerig, A.C., R.J. Michelich, and H.H. Schultz, Instrumentation of root canals in molar using the step-down technique. Journal of Endodontics, 1982. 8(12): p. 550-554.

46. Fava, L.R.G., The double-flared technique: an alternative for biomechanical preparation. *Journal of Endodontics*, 1983. 9(2): p. 76-80.
47. Morgan, L.F., S. Montgomery, An evaluation of the crown-down pressureless technique. *Journal of Endodontics*, 1984. 10(10): p. 491-498.
48. Pitt Ford, T., J.S. Rhodes, H. Pitt Ford, *Endodontics: problem-solving in clinical practice*. 2002, Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta.
49. Abou-Rass, M., A.L. Frank, D.H. Glick, The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. *Journal of the American Dental Association* (1939), 1980. 101(5): p. 792-794.
50. Griesinger, H., M. Hannig, and H. Albers, Erfolgreiche Aufbereitung stark gekrümmter Wurzelkanäle-Die korono-apikale Technik. *Zahnärztl Welt*, 1993. 102: p. 842.
51. Bergmans, L., P. Lambrechts, *Textbook of Endodontology*. 2013.
52. Schäfer, E., Root canal instruments for manual use: a review. *Dental Traumatology*, 1997. 13(2): p. 51-64.
53. Peters, O.A., C.I. Peters, B. Basrani, *Cleaning and shaping the root canal system*. 2016.
54. Eldeeb, M.E., J.C. Boraas, The effect of different files on the preparation shape of severely curved canals. *International Endodontic Journal*, 1985. 18(1): p. 1-7.
55. Yaman, S.D., Endodontide kullanılan kök kanal aletleri. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2002. 19(3): p. 51-57.
56. Miguel, R.-C., A comparison of molar root canal preparations using Flexofile, Canal Master U, and Heliapical instruments. *Journal of endodontics*, 1994. 20(10): p. 495-499.
57. Wildey W.L., E.S. Senia, A new root canal instrument and instrumentation technique: a preliminary report. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1989. 67(2): p. 198-207.

58. Walia, H., W.A. Brantley, H. Gerstein, An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *Journal of endodontics*, 1988. 14(7): p. 346-351.
59. Buehler, W.J., J.V. Gilfrich, R. Wiley, Effect of low- temperature phase changes on the mechanical properties of alloys near composition TiNi. *Journal of applied physics*, 1963. 34(5): p. 1475-1477.
60. Thompson, S., An overview of nickel–titanium alloys used in dentistry. *International endodontic journal*, 2000. 33(4): p. 297-310.
61. Shen, Y., Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *Journal of endodontics*, 2013. 39(2): p. 163-172.
62. Brantley, W.A., Introduction of nickel-titanium alloy to endodontics. *Ingle's Endodontics*, 2008. 6: p. 800-13.
63. Zhou, H., Mechanical properties of controlled memory and superelastic nickel-titanium wires used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *Journal of endodontics*, 2012. 38(11): p. 1535-1540.
64. Mihálcz, I., Fundamental characteristics and design method for nickel-titanium shape memory alloy. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, 2001. 45(1): p. 75-86.
65. Otsuka, K., X. Ren, Physical metallurgy of Ti–Ni-based shape memory alloys. *Progress in materials science*, 2005. 50(5): p. 511-678.
66. Zupanc, J., N. Vahdat- Pajouh, E. Schäfer, New thermomechanically treated NiTi alloys—a review. *International endodontic journal*, 2018. 51(10): p. 1088-1103.
67. Serene, T.P., J.D. Adams, A. Saxena, *Nikel-Titanium Instruments Applicatins in Endodontics*. 1995: Ishiyaku EuroAmerica.
68. Pettiette, M.T., E.O. Delano, M. Trope, Evaluation of success rate of endodontic treatment performed by students with stainless-steel K–files and Nickel–titanium hand files. *Journal of endodontics*, 2001. 27(2): p. 124-127.
69. Gambill, J.M., M. Alder, E. Carlos, Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *Journal of endodontics*, 1996. 22(7): p. 369-375.

70. Cheung, G.S., C.S. Liu, A retrospective study of endodontic treatment outcome between nickel-titanium rotary and stainless steel hand filing techniques. *Journal of endodontics*, 2009. 35(7): p. 938-943.
71. Haapasalo, M., Y. Shen, Evolution of nickel–titanium instruments: from past to future. *Endodontic topics*, 2013. 29(1): p. 3-17.
72. Bryant, S., Shaping ability of. 04 and 06 taper ProFile rotary nickel–titanium instruments in simulated root canals. *International Endodontic Journal*, 1999. 32(3): p. 155-164.
73. McCormick, P., Y. Liu, Thermodynamic analysis of the martensitic transformation in NiTi—II. Effect of transformation cycling. *Acta Metallurgica et Materialia*, 1994. 42(7): p. 2407-2413.
74. Ruddle, C.J., Canal preparation: single-file shaping technique. *Dentistry today*, 2012. 31(1): p. 124, 126-9.
75. Metzger, Z., The self-adjusting file (SAF). Part 3: removal of debris and smear layer—a scanning electron microscope study. *Journal of Endodontics*, 2010. 36(4): p. 697-702.
76. Hashem, A.A.R., Geometric analysis of root canals prepared by four rotary NiTi shaping systems. *Journal of endodontics*, 2012. 38(7): p. 996-1000.
77. Çapar, I. H. Arslan, A review of instrumentation kinematics of engine- driven nickel–titanium instruments. *International endodontic journal*, 2016. 49(2): p. 119-135.
78. Peters OA, P.C., Cleaning and shaping of the root canal system: Stephen Cohen, Kenneth M. Hargreaves, editors. *Pathways of the Pulp*. 10th Ed. Elsevier Mosby 2011: p. 9(283-348).
79. Kanika Aggarwal, S., ve ark, *An Endodontic Glidepath-A Step to Safe Rotary Practice*. *International journal of dental and medical research*, 2014. 1(3).
80. Ajuz, N.C., Glide path preparation in S-shaped canals with rotary pathfinding nickel-titanium instruments. *Journal of endodontics*, 2013. 39(4): p. 534-537.

81. Topçuoğlu H., Influence of a glide path on apical extrusion of debris during canal preparation using single- file systems in curved canals. *International endodontic journal*, 2016. 49(6): p. 599-603.
82. Peters, O.A., ProTaper rotary root canal preparation: assessment of torque and force in relation to canal anatomy. *International endodontic journal*, 2003. 36(2): p. 93-99.
83. Mounce, R., Endodontic K-files: invaluable endangered species or ready for the Smithsonian Dentistry today, 2005. 24(7): p. 102, 104-102, 104.
84. Cassim, I., P.J. Van der Vyver, The importance of glide path preparation in endodontics: a consideration of instruments and literature: scientific. *South African Dental Journal*, 2013. 68(7): p. 322-327.
85. Kinsey, B., R. Mounce, Safe and efficient use of the M4 safety handpiece in endodontics. *Roots*, 2008. 4(2): p. 36-40.
86. Ha, J.-H., Geometric optimization for development of glide path preparation nickel-titanium rotary instrument. *Journal of endodontics*, 2015. 41(6): p. 916-919.
87. De Oliveira Alves, V., Comparison among manual instruments and PathFile and Mtwo rotary instruments to create a glide path in the root canal preparation of curved canals. *Journal of Endodontics*, 2012. 38(1): p. 117-120.
88. Pasqualini, D., Postoperative pain after manual and mechanical glide path: a randomized clinical trial. *Journal of endodontics*, 2012. 38(1): p. 32-36.
89. (http://www.dentsplymallefer.com/#/218x624/line_218x7950/product_218x9225.
90. at: <https://www.dentsplysirona.com/en-us/products/endodontics/glide-path-shaping/waveone-gold-glide-path-files-learn-more.html>, W.G.G.B.D.S.a.
91. Elnaghy, A.M., S.E. Elsaka, A.O. Mandorah, In vitro comparison of cyclic fatigue resistance of TruNatomy in single and double curvature canals compared with different nickel-titanium rotary instruments. *BMC oral health*, 2020. 20(1): p. 1-8.
92. Ingle, J., J. Taintor, *Endodontics: Modern endodontic therapy*. The Washington Study. Philadelphia, PA: Lea and Febiger, 1985.

93. Webber, J., J. Moser, M. Heuer, A method to determine the cutting efficiency of root canal instruments in linear motion. *Journal of endodontics*, 1980. 6(11): p. 829-834.
94. Elizabeth M, S., Hand instrumentation in root canal preparation. *Endodontic Topics*, 2005. 10(1): p. 163-167.
95. Kırıcı, D.Ö., K.M. Çolak, *Kök kanal şekillendirilmesinde rehber yol oluşturma'nın önemi*. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 28(4): p. 620-624.
96. Uslu, G., Cyclic fatigue resistance of R- Pilot, HyFlex EDM and PathFile nickel- titanium glide path files in artificial canals with double (S- shaped) curvature. *International endodontic journal*, 2018. 51(5): p. 584-589.
97. Pereira, E., Physical and mechanical properties of a thermomechanically treated NiTi wire used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *International endodontic journal*, 2012. 45(5): p. 469-474.
98. De- Deus, G., Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. *International endodontic journal*, 2010. 43(12): p. 1063-1068.
99. Kim, H.-C., Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne. *Journal of endodontics*, 2012. 38(4): p. 541-544.
100. Pedullà, E., Influence of continuous or reciprocating motion on cyclic fatigue resistance of 4 different nickel-titanium rotary instruments. *Journal of endodontics*, 2013. 39(2): p. 258-261.
101. Plotino, G., Cyclic fatigue of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments. *International Endodontic Journal*, 2012. 45(7): p. 614-618.
102. R-Pilot broşür. <https://www.vdw-dental.com/en/products/detail/r-pilot/>.
103. Gündoğar, M., Comparison of the cyclic fatigue resistance of VDW. ROTATE, TruNatomy, 2Shape, and HyFlex CM nickel-titanium rotary files at body temperature. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 2020. 45(3).

104. Ertuğrul, İ.F. E.O. Orhan, Cyclic fatigue and energy- dispersive X- ray spectroscopy examination of the novel ROTATE instrument. *Microscopy research and technique*, 2019. 82(12): p. 2042-2048.
105. Sundqvist, G., *Bacteriological studies of necrotic dental pulps*. 1976, Umeå University.
106. Seltzer S., Naidorf I.J., Flare-ups in endodontics: II. Therapeutic measures. *Journal of endodontics*, 1985. 11(12): p. 559-567.
107. Fairbourn, D.R., G.M. McWalter, S. Montgomery, The effect of four preparation techniques on the amount of apically extruded debris. *Journal of endodontics*, 1987. 13(3): p. 102-108.
108. Myers G.L., S. Montgomery, A comparison of weights of debris extruded apically by conventional filing and Canal Master techniques. *Journal of endodontics*, 1991. 17(6): p. 275-279.
109. Al-Omari, M., P. Dummer, Canal blockage and debris extrusion with eight preparation techniques. *Journal of endodontics*, 1995. 21(3): p. 154-158.
110. Hinrichs, R.E., W.A. Walker III, W.G. Schindler, A comparison of amounts of apically extruded debris using handpiece-driven nickel-titanium instrument systems. *Journal of endodontics*, 1998. 24(2): p. 102-106.
111. Lambrianidis, T., E. Tosounidou, M. Tzoanopoulou, The effect of maintaining apical patency on periapical extrusion. *Journal of Endodontics*, 2001. 27(11): p. 696-698.
112. Tinaz, A.C., The effect of disruption of apical constriction on periapical extrusion. *Journal of endodontics*, 2005. 31(7): p. 533-535.
113. Sjögren, U., Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of endodontics*, 1990. 16(10): p. 498-504.
114. Chugal, N.M., J.M. Clive, L.S. Spångberg, Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2003. 96(1): p. 81-90.

115. Beeson, T., Comparison of debris extruded apically in straight canals: conventional filing versus profile. 04 Taper series 29. *Journal of endodontics*, 1998. 24(1): p. 18-22.
116. Tanalp J., T. Güngör, Apical extrusion of debris: a literature review of an inherent occurrence during root canal treatment. *International endodontic journal*, 2014. 47(3): p. 211-221.
117. Karataslioglu, E., Influence of canal curvature on the amount of apically extruded debris determined by using three- dimensional determination method. *Australian Endodontic Journal*, 2019. 45(2): p. 216-224.
118. Borges, M.F.d.A., Influence of apical enlargement in cleaning and extrusion in canals with mild and moderate curvatures. *Brazilian dental journal*, 2011. 22: p. 212-217.
119. Leonardi, L.E., D.M. Atlas, G. Raiden, Apical extrusion of debris by manual and mechanical instrumentation. *Brazilian dental journal*, 2007. 18: p. 16-19.
120. Elmsallati, E.A., R. Wadachi, H. Suda, Extrusion of debris after use of rotary nickel- titanium files with different pitch: a pilot study. *Australian Endodontic Journal*, 2009. 35(2): p. 65-69.
121. Diemer, F. and P. Calas, Effect of pitch length on the behavior of rotary triple helix root canal instruments. *Journal of Endodontics*, 2004. 30(10): p. 716-718.
122. Topçuoğlu, H., Apically extruded debris during root canal preparation using Vortex Blue, K3 XF, ProTaper Next and Reciproc instruments. *International endodontic journal*, 2016. 49(12): p. 1183-1187.
123. Koçak, M., Apical extrusion of debris using ProTaper Universal and ProTaper Next rotary systems. *International endodontic journal*, 2015. 48(3): p. 283-286.
124. Hsieh, Y., Dynamic recording of irrigating fluid distribution in root canals using thermal image analysis. *International Endodontic Journal*, 2007. 40(1): p. 11-17.
125. Altundasar, E., Debris and irrigant extrusion potential of 2 rotary systems and irrigation needles. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2011. 112(4): p. e31-e35.

126. Uzunoglu, Özyürek E., Influence of size and insertion depth of irrigation needle on debris extrusion and sealer penetration. *Restorative dentistry & endodontics*, 2017. 43(1).
127. Gulabivala, K., Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endodontic Topics*, 2005. 10(1): p. 103-122.
128. Sarıyılmaz E., C. Keskin, Apical Extrusion of Debris and Irrigant Using XP-Endo Finisher, EndoActivator, Passive Ultrasonic Irrigation or Syringe Irrigation. *Meandros Medical and Dental Journal*, 2018. 19(2): p. 127.
129. Desai, P., V. Himel, Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *Journal of endodontics*, 2009. 35(4): p. 545-549.
130. Boutsoukis, C., T. Lambrianidis, E. Kastrinakis, Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a computational fluid dynamics study. *International Endodontic Journal*, 2009. 42(2): p. 144-155.
131. McGill, S., The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen 'bio- molecular film' from an ex vivo model. *International endodontic journal*, 2008. 41(7): p. 602-608.
132. Mitchell, R.P., J.C. Baumgartner, C.M. Sedgley, Apical extrusion of sodium hypochlorite using different root canal irrigation systems. *Journal of endodontics*, 2011. 37(12): p. 1677-1681.
133. Gondim Jr, E., Postoperative pain after the application of two different irrigation devices in a prospective randomized clinical trial. *Journal of endodontics*, 2010. 36(8): p. 1295-1301.
134. Azim, A.A., Comparison of sodium hypochlorite extrusion by five irrigation systems using an artificial root socket model and a quantitative chemical method. *Clinical oral investigations*, 2018. 22(2): p. 1055-1061.
135. Tambe, V.H., Evaluation of the amount of debris extruded apically by using conventional syringe, endovac and ultrasonic irrigation technique: An in vitro study. *Journal of international oral health: JIOH*, 2013. 5(3): p. 63.

136. Faul, F., G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. Behavior research methods, 2007. 39(2): p. 175-191.
137. Schäfer, E., Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. Journal of endodontics, 2002. 28(3): p. 211-216.
138. RStudio Team (2021). RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, v., PBC, Boston, MA. URL: <http://www.rstudio.com/>.
139. Kassambara, A., rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests. rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests, 2021.
140. Kassambara, A., ggpubr: 'ggplot2' Based Publication Ready Plots. R package version 0.4.0. 2020.
141. Southard, D.W., R.J. Oswald, E. Natkin, Instrumentation of curved molar root canals with the Roane technique. Journal of endodontics, 1987. 13(10): p. 479-489.
142. Glickman G.N., K.A. Koch, 21st-century endodontics. The Journal of the American Dental Association, 2000. 131: p. 39S-46S.
143. Kirchhoff, A.L., L.F. Fariniuk, I. Mello, Apical extrusion of debris in flat-oval root canals after using different instrumentation systems. Journal of endodontics, 2015. 41(2): p. 237-241.
144. Ha, J.-H., Debris extrusion by glide-path establishing endodontic instruments with different geometries. Journal of Dental Sciences, 2016. 11(2): p. 136-140.
145. Pasqualini, D., Computed micro-tomographic evaluation of glide path with nickel-titanium rotary PathFile in maxillary first molars curved canals. Journal of endodontics, 2012. 38(3): p. 389-393.
146. Kustarci, A., D. Altunbas, K.E. Akpinar, Comparative study of apically extruded debris using one manual and two rotary instrumentation techniques for endodontic retreatment. Journal of Dental Sciences, 2012. 7(1): p. 1-6.
147. Seltzer, S., I.J. Naidorf, Flare-ups in endodontics: I. Etiological factors. Journal of endodontics, 2004. 30(7): p. 476-481.

148. Naidorf, I.J., Endodontic flare-ups: bacteriological and immunological mechanisms. *Journal of Endodontics*, 1985. 11(11): p. 462-464.
149. Keskin, C., Postoperative pain after glide path preparation using manual, reciprocating and continuous rotary instruments: a randomized clinical trial. *International Endodontic Journal*, 2019. 52(5): p. 579-587.
150. Siqueira Jr, J.F., Microbial causes of endodontic flare-ups. *International endodontic journal*, 2003. 36(7): p. 453-463.
151. Seltzer S., I.J. Naidorf, Flare-ups in endodontics: II. Therapeutic measures. *Journal of endodontics*, 2004. 30(7): p. 482-488.
152. Siqueira Jr, J.F., Incidence of postoperative pain after intracanal procedures based on an antimicrobial strategy. *Journal of endodontics*, 2002. 28(6): p. 457-460.
153. Siqueira Jr, J.F., I.N. Rôças, Polymerase chain reaction-based analysis of microorganisms associated with failed endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2004. 97(1): p. 85-94.
154. Ruiz-Hubard, E.E., J.L. Gutmann, M.J. Wagner, A quantitative assessment of canal debris forced periapically during root canal instrumentation using two different techniques. *Journal of Endodontics*, 1987. 13(12): p. 554-558.
155. Lee, S.J., C.S. Lee, E. Strittmatter, An in vitro comparison of root canal content extrusion using ultrasonic and hand instrumentation. *Dental Traumatology*, 1991. 7(2): p. 65-68.
156. Kum, K.-Y., Shaping ability of three ProFile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canals. *Journal of endodontics*, 2000. 26(12): p. 719-723.
157. Karataş, E., Quantitative evaluation of apically extruded debris with Twisted File Adaptive instruments in straight root canals: reciprocation with different angles, adaptive motion and continuous rotation. *International endodontic journal*, 2016. 49(4): p. 382-385.
158. Ferraz, C., Apical extrusion of debris and irrigants using two hand and three engine-driven instrumentation techniques. *International endodontic journal*, 2001. 34(5): p. 354-358.

159. Azar N.G., G. Ebrahimi, Apically- extruded debris using the ProTaper system. *Australian Endodontic Journal*, 2005. 31(1): p. 21-23.
160. McKendry D.J., Comparison of balanced forces, endosonic, and step-back filing instrumentation techniques: quantification of extruded apical debris. *Journal of endodontics*, 1990. 16(1): p. 24-27.
161. Boutsoukis, C., Z. Psimma, E. Kastrinakis, The effect of flow rate and agitation technique on irrigant extrusion ex vivo. *International Endodontic Journal*, 2014. 47(5): p. 487-496.
162. Martin, H., W.T. Cunningham, The effect of endosonic and hand manipulation on the amount of root canal material extruded. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1982. 53(6): p. 611-613.
163. Paqué F, M.U., Hülsmann M., Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni- Ti instruments. *Int Endod J*, 2005: p. 38(1):8-16.
164. Sedgley C, N.A., Hall D, Applegate B. l., Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real- time imaging in vitro. *International Endodontic Journal*, 2005: p. 38(2), 97-104.
165. Abou-Rass M, P.M., The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology,,* 1982.(54(3), 323-28.
166. Silva E. C.M., Lopes R, Belladonna F, Senna P, Souza E ve ark., Comparison of apically extruded debris after large apical preparations by full- sequence rotary and single- file reciprocating systems. *International Endodontic Journal*, 2016.: p. 49(7), 700-05.
167. Lu Y, W.R., Zhang L, Li H, Zheng Q, Zhou X ve ark., Apically extruded debris and irrigant with two N i- T i systems and hand files when removing root fillings: a laboratory study. *International Endodontic Journal*, 2013.: p. 46(12), 1125-30.
168. Hachmeister Dr, S.W., Walker Wa, 3rd, Thomas Dd., The sealing ability and retention characteristics of mineral trioxide aggregate in a model of apexification. *J Endod,,* (2002): p. 28(3): 86-90.

169. Kishen A., Periapical biomechanics and the role of cyclic biting force in apical retrograde fluid movement. *International Endodontic Journal*, 2005. 38(9): p. 597-603.
170. Zan, R., Evaluation of different instrumentation systems for apical extrusion of debris. *7tepe Klinik*, 2017. 13(1): p. 7-11.
171. Koçak S, K.M., Sağlam BC, Türker SA, Sağsen B, Er Ö., Apical extrusion of debris using self-adjusting file, reciprocating single-file, and 2 rotary instrumentation systems. *J Endod*;, 2013: p. 39(10):1278-80.
172. Silva, E., Comparison of apically extruded debris after large apical preparations by full- sequence rotary and single- file reciprocating systems. *International endodontic journal*, 2016. 49(7): p. 700-705.
173. Boijink D, C.D., Hoppe CB, Kopper PMP, Grecca FS., Apically Extruded Debris in Curved Root Canals Using the WaveOne Gold Reciprocating and Twisted File Adaptive Systems. *J Endod*, 2018: p. 44(8):1289-92.
174. Huang X, L.J., Wei X, Gu L., Quantitative evaluation of debris extruded apically by using ProTaper Universal Tulsa rotary system in endodontic retreatment. *Endod. .*, 2007: p. 33(9):1102-5.
175. Grande, N., Cyclic fatigue resistance and three- dimensional analysis of instruments from two nickel–titanium rotary systems. *International Endodontic Journal*, 2006. 39(10): p. 755-763.
176. Plotino, G., Influence of the shape of artificial canals on the fatigue resistance of NiTi rotary instruments. *International Endodontic Journal*, 2010. 43(1): p. 69-75.
177. Staffoli, S., Influence of environmental temperature, heat-treatment and design on the cyclic fatigue resistance of three generations of a single-file nickel–titanium rotary instrument. *Odontology*, 2019. 107(3): p. 301-307.
178. Elnaghy, A.M., S.E. Elsaka, Evaluation of root canal transportation, centering ratio, and remaining dentin thickness associated with ProTaper Next instruments with and without glide path. *Journal of endodontics*, 2014. 40(12): p. 2053-2056.

179. Kırıcı D., S. Koç, A. Kuştarıcı, Effects of different glide path techniques on the amount of extruded debris and preparation times during root canal preparation. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 2020. 14(3): p. 187.
180. Shaker, A., M.S. Rikab, M. Alharissy, Effect of a Glide Path with Rotary Files on Apical Extrusion of Intra-Canal Debris during Root Canal Preparation Using a Reciproc System: an in vitro Study. *Journal of International Dental and Medical Research*, 2019. 12(4): p. 1263-1267.
181. Dagna, A., Comparison of apical extrusion of intracanal bacteria by various glide-path establishing systems: an in vitro study. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 2017. 42(4): p. 316-323.
182. Farmakis, E.T.R., Apical debris extrusion associated with oval shaped canals: a comparative study of WaveOne vs Self-Adjusting File. *Clinical investigations*, 2016. 20(8): p. 2131-2138.