



T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**SONİK VE ULTRASONİK İRRİGASYON AKTİVASYON
DERİNLİĞİNİN APİKAL DEBRİS EKSTRÜZYONUNA
ETKİSİ: İN VİTRO ÇALIŞMA**

Dt. Züleyha BAŞ

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. Esin ÖZLEK

VAN-2025

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**SONİK VE ULTRASONİK İRRİGASYON AKTİVASYON
DERİNLİĞİNİN APİKAL DEBRİS EKSTRÜZYONUNA
ETKİSİ: İN VİTRO ÇALIŞMA**

Dt. Züleyha BAŞ

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. Esin ÖZLEK

VAN-2025

KABUL VE ONAY SAYFASI

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı'nda Züleyha BAŞ tarafından hazırlanan “*Sonik ve ultrasonik irrigasyon aktivasyon derinliğinin apikal debris ekstrüzyonuna etkisi: in vitro çalışma*” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından UZMANLIK TEZİ olarak OY BİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 20/03/2025

İmza
Doç. Dr. Merve YENİÇERİ ÖZATA
Jüri Başkanı

İmza
Doç. Dr. Esin ÖZLEK

İmza
Dr. Öğr. Üyesi Gizem KADI

Tez hakkında alınan jüri kararı, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı tarafından onaylanmıştır.

İmza
Prof. Dr. Cemil GÖYA
Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca bana rehberlik eden, sabırla, bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, motive eden, sadece akademik değil kiŐisel olarak da bana büyük katkılarda bulunan, minnettar olduğum kıymetli danıŐman hocam Doç. Dr. Esin ÖZLEK'e,

Bu sürece beraber baŐladığım, verdiği desteğe minnettar olduğum, onunla tanıştığım için çok Őanslı hissettiğim değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin GÜNDÜZ'e,

Tüm katkı ve desteklerinden dolayı Doç. Dr. Özgür GENÇ ŐEN'e,

Asistanlık sürecimde hep yanımda olan, renkli ve güzel anlar biriktirdiğim sevgili arkadaşlarım Aslı Zeynep KAPOĞLU KILIÇ ve Elif BAŐTUĐ GÜVEN'e,

Benim biricik, dünyalar güzeli, hayattaki en büyük Őansım, en iyi arkadaşım kardeŐim Zeynep PEKTAŐ'a,

Bugünlere gelmemi sağlayan, her zaman arkamda olduklarını bildiğim, bana dünyadaki en önemli Őeyin iyilik dolu bir kalp olduğunu aŐılayan, ne kadar teşekkür etsem de az kaldığını bildiğim, çok sevdiğim canım annem ve babam Fehime PEKTAŐ ve Ali PEKTAŐ'a,

Yol arkadaşım, sevgi ve güvenini hep hissettiğim, yüzümü hep güldüren sevgili eŐim Hayrettin BAŞ'a sonsuz teŐekkürler...

Dt. Züleyha BAŞ

ÖZET

Baş Z., Sonik ve ultrasonik irrigasyon aktivasyon derinliğinin apikal debris ekstrüzyonuna etkisi: in vitro çalışma. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Van, 2025.

Bu tez çalışmasının amacı, pasif ultrasonik (PUI) ve sonik (EDDY) aktivasyon sistemlerinin farklı derinliklerde kullanımının apikal debris ekstrüzyonu üzerindeki etkisini karşılaştırmaktır. Tüm örnekler, kullanılacak aktivasyon yöntemine göre rastgele üç gruba ayrılmış ve her grup, uygulanacak aktivasyon derinliğine göre iki alt gruba ayrılmıştır (n=15): Grup 1a: EDDY-1 mm, Grup 1b: EDDY-2 mm, Grup 2a: PUI-1 mm, Grup 2b: PUI-2 mm, Grup 3a: Geleneksel-1 mm, Grup 3b: Geleneksel-2 mm. Tüm örneklerde irrigasyon solüsyonu olarak distile su kullanılmıştır. Ekstrüze olan debris ve irrigasyon solüsyonu Eppendorf tüplerinde toplanarak, tüpler 70°C'de 5 gün inkübe edilmiştir. Net debris ağırlıkları deney öncesi ve sonrası hassas terazide tartılarak belirlenmiştir. Normal dağılıma uygunluk Shapiro-Wilk testi ile değerlendirilmiş, apikal debris ekstrüzyonu değerlerinin aktivasyon yöntemi ve derinliğe göre karşılaştırılmasında ise iki yönlü ANOVA testi uygulanarak çoklu karşılaştırmalar Bonferroni testi ile analiz edilmiştir. Önem düzeyi $p<0,050$ olarak alınmıştır. Sonuçlara göre EDDY, PUI'ye kıyasla anlamlı derecede daha fazla apikal debris ekstrüzyonuna neden olmuştur ($p<0,001$). Ayrıca, apekten 1 mm uzaklıktan yapılan aktivasyonun, 2 mm uzaklıktan yapılan aktivasyona kıyasla daha fazla debris taşıdığı belirlenmiştir ($p<0,001$). Ancak, her bir aktivasyon yöntemi içinde derinlikler arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p=0,768$). PUI her iki penetrasyon derinliği için de EDDY'den daha az debris taşımıştır.

Anahtar Kelimeler: EDDY, PUI, aktivasyon derinliği, apikal ekstrüzyon, flare-up

ABSTRACT

Baş Z., Effect of sonic and ultrasonic irrigation activation depth on apical debris extrusion: an in vitro study. Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Dentistry, Department of Endodontics, Speciality Thesis, Van, 2025.

The aim of this study was to compare the effect of passive ultrasonic (PUI) and sonic (EDDY) activation systems at different depths on apical debris extrusion. All samples were randomly assigned to three groups based on the activation method to be used, and each group was further divided into two subgroups according to the activation depth (n=15): Group 1a: EDDY-1 mm, Group 1b: EDDY-2 mm, Group 2a: PUI-1 mm, Group 2b: PUI- 2 mm, Group 3a: Conventional -1 mm, Group 3b: Conventional-2 mm. Distilled water was used as the irrigation solution in all samples. Extruded debris and irrigation solution were collected in Eppendorf tubes, which were then incubated at 70°C for 5 days. The net debris weight was determined by weighing the tubes before and after the experiment using a precision balance. Normality was assessed using the Shapiro-Wilk test, and apical debris extrusion values were compared according to activation method and depth using two-way ANOVA, with multiple comparisons analyzed using Bonferroni post-hoc testing. A significance level of $p<0.050$ was set. The results indicated that EDDY caused significantly greater apical debris extrusion compared to PUI ($p<0.001$). Additionally, activation performed 1 mm from the apex resulted in significantly greater debris extrusion than activation performed 2 mm from the apex ($p<0.001$). However, no significant difference was found between depths within each activation method ($p=0.768$). PUI extruded less debris than EDDY for both penetration depths.

Keywords: EDDY, PUI, activation depth, apical extrusion, flare-up

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	i
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLolar LİSTESİ.....	.v
ŞEKİLLER LİSTESİvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	.vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 Kök Kanallarının İrrigasyonu.....	3
2.2 Kök Kanal Anatomisinin İrrigasyona Etkisi	7
2.3 İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri.....	9
2.3.1 Sonik İrrigasyon.....	15
2.3.2 Ultrasonik İrrigasyon	17
2.4 Apikal Ekstrüzyonun Klinik Önemi.....	19
3. GEREÇ VE YÖNTEM	22
3.1 Dişlerin Seçilmesi ve Standardizasyonu	22
3.2 Deney Düzeneklerinin Hazırlanması.....	23
3.3 Grupların Hazırlanması ve Kanalların Aktivasyonu	25
3.4 Taşan Debris Miktarının Değerlendirilmesi.....	28
3.5 İstatistiksel Yöntem.....	28
4. BULGULAR.....	29
5. TARTIŞMA	32
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	42
KAYNAKLAR	43

TABLULAR LİSTESİ

Sayfa

- Tablo 1.** Aktivasyon yöntemi ve derinlik faktörüne göre apikal debris ekstrüzyonu değerlerinin karşılaştırılması29
- Tablo 2.** Aktivasyon yöntemi ve derinlik faktörüne göre apikal debris ekstrüzyonu değerlerinin tanımlayıcı istatistikler ve çoklu karşılaştırma sonuçları30



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. Ağırlık ölçümünde kullanılan hassas terazi.....	23
Şekil 2. Deney düzeneği.....	24
Şekil 3. VDW Rotate.....	25
Şekil 4. EDDY.....	26
Şekil 5. VDW Ultra.....	27
Şekil 6. Örneklerin bekletildiği etüv	28
Şekil 7. Apikal debrıs ekstrüzyonu değerlerine ait grafik.....	31

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamalarıyla aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

<	Küçük
°	Derece
°C	Santigrat derece
%	Yüzde
=	Eşittir

Kısaltmalar

Açıklama

ark.	Arkadaşları
CHX	Klorheksidin
EDTA	Etilendiamin tetra asetik asit
Er:Cr:YGG	Erbiyum, krom: itriyum-skandiyum-galyum-garnet
Er:YAG	Erbiyum katkılı itriyum alüminyum garnet
G	Gauge
g	Gram
GW	Gentle wave
HEDP	Etidronik asit
Hz	Hertz
IKI	İyodin Potasyum İyodür
kHz	Kilohertz
MDA	Manuel dinamik aktivasyon
mg	Miligram

ml	Mililitre
mm	Milimetre
NaOCl	Sodyum hipoklorit
Nd:YAG	Neodymium-yttrium-aluminum-garnet
p	İstatistiksel anlamlılık
PIPS	Photon Induced Photoacoustic Streaming
PUI	Pasif ultrasonik aktivasyon
SAF	Self adjusting file
SPSS	Statistical package for social science
UI	Ultrasonik irrigasyon

1. GİRİŞ

İdeal bir kök kanal tedavisinde irrigasyon, tedavinin başarısını etkileyen kritik aşamalardan biridir. Ancak, geleneksel irrigasyon yöntemleri ile kök kanalının tüm bölgelerine erişim sağlanamaması, özellikle karmaşık anatomiye sahip dişlerde tedavinin etkinliğini sınırlandırmaktadır. Bu nedenle, irrigasyon solüsyonlarının etkinliğini artırmak amacıyla çeşitli aktivasyon yöntemleri geliştirilmiştir.

Pasif ultrasonik aktivasyon (PUI), kanal içerisinde yatay yönlü vibrasyon oluşturarak akustik akış ve kavitasyonu tetikleyen bir aktivasyon yöntemidir. Bu yöntem, irrigasyon solüsyonunun dentin duvarlarına penetrasyonunu artırarak kök kanal sisteminde daha etkili bir dezenfeksiyon sağlamayı amaçlar. EDDY ise yüksek frekanslı titreşim ve kavitasyon oluşturan bir sonik aktivasyon sistemidir ve kanal dezenfeksiyonunun artırılmasında etkili bir yöntemdir.

Kök kanal şekillendirme ve irrigasyon işlemleri sırasında, kanal içerisindeki dentin artıkları, nekrotik dokular ve mikroorganizmalar apikalden ekstrüze olabilir. Bu durum, periradiküler dokularda inflamatuvar yanıtı tetikleyerek ağrıya ve iyileşme sürecinin uzamasına neden olabilir (Hülsmann ve ark., 2005). Konağın vereceği yanıt taşan mikroorganizma miktarına ve/veya patojenitesine bağlı olarak farklılık gösterebilir (Siqueira, 2003). Apikal debris ekstrüzyonunun miktarı ise kullanılan enstrümantasyon tekniği, irrigasyon yöntemi ve aktivasyon sistemine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir.

Apikal debris ekstrüzyonu, periapikal inflamasyon ve postoperatif ağrı ile ilişkilidir. Literatürde aktivasyon yöntemlerinin apikal debris ekstrüzyonu üzerindeki etkisini inceleyen çok sayıda çalışma (Desai & Himel, 2009; İnce Yusufoglu ve ark., 2020) olmasına karşın, derinlik faktörünün bu süreç üzerindeki spesifik etkisini değerlendiren araştırmalar sınırlıdır (Boutsioukis ve ark., 2014). Bu çalışmada pasif ultrasonik aktivasyon (PUI) ve sonik aktivasyon (EDDY) cihazlarının farklı derinliklerde (apeksten 1 mm ve 2 mm uzaklıkta) kullanımının apikal debris ekstrüzyon miktarı üzerindeki etkisi karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sıfır hipotezleri, farklı derinliklerde gerçekleştirilen aktivasyonun apikal debris ekstrüzyonu üzerinde anlamlı bir fark yaratmadığı, sonik ve PUI aktivasyonunun apikal debris ekstrüzyonu

zerinde anlamlı bir fark yaratmadığı ve derinlikle aktivasyon etkileşiminin apikal debris ekstrüzyonu üzerinde anlamlı bir fark yaratmadığıdır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök Kanallarının İrrigasyonu

İrrigasyon, mekanik, kimyasal ve biyolojik etkileri nedeniyle kök kanal tedavisinde önemli bir role sahiptir. Kök kanallarındaki debrisı uzaklaştırmak, kanalda lubrikant etki sağlamak, organik ve inorganik dokuları çözmek, biofilm tabakasının bütünlüğünü bozmak ve uzaklaştırmak kimyasal ve mekanik amaçlarındandır (Basrani ve Haapasalo, 2012). Kök kanal sistemi içinde ideal akış dinamiği sağlayabilmesi, mekanik olarak ulaşılamamış alanlarda etkinlik gösterebilmesi mekanik irrigasyonun etkinliğinin bağlı olduğu faktörlerdir (Wang ve ark., 2012). İrrigasyon solüsyonunun konsantrasyonu, temas ettiği yüzey alanı ve etkileşimde olduğu enfekte yüzeyle temas süresi ise kimyasal etkinliğini belirlemektedir (Boutsioukis ve Kishen, 2012). İrrigasyon solüsyonunun antimikrobiyal etkinlik göstermesi ve kanal içi bakterileri miktarını maksimum oranda azaltması veya bakterileri tamamen uzaklaştırması solüsyondan beklenen biyolojik işlevlerdir.

İdeal bir irrigasyon solüsyonunun, kök kanal sisteminden debrisleri uzaklaştırma, enstrümantasyon sırasında aletlerin sürtünmesini azaltması, organik ve inorganik dokuları çözebilmesi, dentin tübülleri ve aksesuar kanallara penetre olabilmesi, güçlü antimikrobiyal etki göstermesi, canlı dokular üzerinde iritan etki ve sitotoksik etkiler oluşturmaması ve diş yapısında zayıflamaya neden olmaması gibi özellikler beklenmektedir (Alaçam, 2012).

Endodontik tedavide kullanılan irrigasyon solüsyonları çeşitli avantajlar sağlasa da, tek bir solüsyon tüm ideal özellikleri tam olarak karşılamamaktadır. Bu nedenle, farklı solüsyonların belirli bir sıralama ile kullanılması tedavi etkinliğini artırmaktadır.

Sodyum hipoklorit (NaOCl), canlı pulpa dokusu, nekrotik artıklar, dentin ve biofilmlerin organik bileşenlerini etkin bir biçimde çözebilme yeteneği ve güçlü antibakteriyel özelliği sayesinde günümüzde en sık kullanılan irrigasyon

solüsyonudur (Mohammadi, 2008). NaOCl'nin suda iyonlaşmasıyla klor, organik maddeyle temas geçerek hipokloröz asit meydana getirir. Hipokloröz asit çok güçlü bir antibakteriyel etkiye sahiptir. Mikrobiyal hücrenin hayati fonksiyonlarını direkt etkileyerek hücrenin ölümüne sebep olur (Estrela ve ark., 2002). NaOCl'nin antibakteriyel etkinliğinin bağlı olduğu temel faktörler solüsyonun temas süresi ve irrigasyon hacmidir (Gazzaneo ve ark., 2019). Kök kanalındaki organik dokular, NaOCl'nin inaktive olmasına ve etkinliğinin azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, solüsyonun sürekli olarak yenilenmesi ve yeterli süre boyunca kanal içinde tutulması, NaOCl'nin etkinliği için önemlidir (Haapasalo ve ark., 2010). NaOCl'nin ideal konsantrasyonu konusunda tam bir fikir birliği bulunmamakla birlikte, %5,25 konsantrasyonunun en etkili irrigasyon solüsyonu olduğunu bildiren çalışmalar mevcuttur (Siqueira ve ark., 2000). Yüksek konsantrasyonlu NaOCl solüsyonlarının, daha düşük konsantrasyonlu solüsyonlara kıyasla daha güçlü bir etki gösterdiği bildirilmiştir (Ma ve ark., 2011). Buna karşılık, yüksek hacimlerde kullanılan düşük konsantrasyonlu NaOCl solüsyonlarının da benzer etkinlik sağlayabildiği rapor edilmiştir (Siqueira ve ark., 2000). Tüm avantajlarına rağmen, NaOCl yüksek sitotoksositeye sahip bir irrigasyon solüsyonudur (Hauman ve Love, 2003). Apikalden taşması durumunda da, periradiküler dokularda ciddi inflamasyona yol açabilir ve endotel hücreleri ile fibroblastlara zarar verebilir. Bu durum fasiyal sinir felci, şiddetli ağrı, alerjik reaksiyonlar ve hatta nekroz gibi ciddi komplikasyonlarla sonuçlanabilir (Hauman ve Love, 2003).

Etilen Diamin Tetra Asetik Asit (EDTA), kalsiyum iyonları ile birleşip şelatlar oluşturup kök kanalında dentin yapısı ve smear tabakasındaki inorganik dokuları uzaklaştırarak etkinlik gösteren bir irrigasyon ajanıdır. EDTA, kalsiyum ile stabil bir kompleks meydana getirir ve mevcut iyonların tümünün bağlanmasıyla denge oluşur. Böylece daha fazla çözünme meydana gelmez ve EDTA kendi kendini sınırlamış olur (Hülsmann ve ark., 2003). EDTA, genellikle %10 ile %17 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılmakla birlikte, en yaygın olarak tercih edilen konsantrasyon %17'dir (Alaçam, 2012). EDTA'nın antibakteriyel özelliği konsantrasyon ve pH özelliklerine göre farklılık gösterebilmektedir. Konsantrasyonu %10 olan EDTA'nın

antibakteriyel etkisinin olduğu ancak %0,03-1 gibi düşük konsantrasyonlu EDTA'nın antibakteriyel etkisinin neredeyse hiç olmadığı bildirilmiştir (Hülsmann ve ark., 2003). Smear tabakasını uzaklaştırmada yetersiz kalan EDTA'nın NaOCl ile kombine sırayla kullanılması önerilmekte ve bu kombine kullanımın daha etkili bir kök kanal dezenfeksiyonu sağladığı bildirilmiştir (Serper ve ark., 2001). Yapılan bir çalışma, kanal irrigasyonunda EDTA'dan sonra NaOCl kullanımıyla uzaklaştırılan debris miktarının, sadece EDTA kullanımıyla uzaklaştırılan debris miktarından fazla olduğunu göstermiştir (Niu ve ark., 2002). Ayrıca EDTA, dokularla kontakta geçtiğinde irritasyona sebep olabilmekte ve toksik etkiler gösterebilmektedir (Koulaouzidou ve ark., 1999).

Klorheksidin glukonat (CHX), gram-pozitif, gram-negatif bakterilere ve mayalara etki eden oldukça geniş spektrumlu antimikrobiyal bir ajandır (Basrani ve Lemonie, 2005). CHX, bakterilerin negatif yüklü yüzeylerine elektrostatik olarak bağlanan katyonik bir ajandır. Bakterinin hücre duvarının dış tabakalarında hasara sebep olarak duvarı geçirgen hale getirir (Basrani ve Haapasalo, 2012). Bakteriyostatik veya bakterisit etki mekanizması, kullanılan konsantrasyona bağlı olarak değişkenlik gösterir. Yüksek konsantrasyonlarda hücre zarına zarar vererek bakterisit, düşük konsantrasyonlarda potasyum ve fosfor gibi maddelerin dışarı sızmasına sebep olarak bakteriyostatik etkisini gösterir (Basrani ve Lemonie, 2005). Katyonik yapıdaki CHX, anyonik diş yapısına kolayca bağlanır. Mohammadi ve Abbott (2009) çalışmasında, CHX'in diş yüzeyine bağlanmasının ve salınmasının geri dönüşümlü olduğu rapor edilmiş; bu mekanizmanın, CHX'in antimikrobiyal etkisinin uzun süre devam etmesini sağladığı belirtilmiştir. CHX, %0,12 ile %2 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılmaktadır. Yapılan bir çalışmada, %2 konsantrasyonundaki CHX'in, %0,12 konsantrasyonundaki CHX'den daha güçlü bir antibakteriyel aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Basrani ve ark., 2003). NaOCl ile karşılaştırıldığında, CHX'in organik doku çözücü etkisi bulunmamaktadır. Bu nedenle, hem antibakteriyel etkinliği hem de organik doku çözme kapasitesi göz önünde bulundurulduğunda, NaOCl endodontide en yaygın kullanılan irrigasyon solüsyonu olmaya devam etmektedir (Basrani ve Haapasalo, 2012).

Etidronik Asit (HEBP), EDTA'ya alternatif olarak kullanılabilir, zayıf bir şelasyon ajanıdır. NaOCl'nin protein parçalama ve antimikrobiyal etkisini etkilemeden birlikte kullanılabilir (Zehnder, 2006). Sitotoksikite göstermediği bildirilmiştir (Arias-Moliz ve ark., 2014). Yapılan bazı çalışmalar, kombine NaOCl – HEDP solüsyonunun kök kanallarında 'sürekli şelasyon' etkisi meydana sağladığını göstermektedir (Neelakantan ve ark., 2012). Böylece, NaOCl'nin antibakteriyel etkisi devam ederken, HEDP şelasyon etkisiyle smear tabakasındaki inorganik bileşenlerin uzaklaştırılmasını sağlamaktadır (Arias-Moliz ve ark., 2014). Bu olumlu özellikler, HEDP'nin endodontide alternatif bir şelasyon ajanı olarak tercih edilmesini destekler niteliktedir. Ancak HEDP'nin rutin klinik kullanıma girebilmesi için daha fazla klinik ve in-vitro çalışma ile etkinliğinin doğrulanması gerekmektedir.

MTAD içerisinde %3 doksisisiklin, %4.25 sitrik asit ve %0.5 polisorbata deterjan bulunduran bir irrigasyon solüsyonudur. İçeriğindeki doksisisiklin antibakteriyel etkinliğini sağlamaktadır (Baumgartner ve ark., 2007). Smear tabakasının inorganik bileşenlerinin çözünmesinde ise yapısında bulunan %4.25 sitrik asit rol almaktadır (Ali Mozayeni ve ark., 2009). MTAD'ın organik doku çözme kapasitesine sahip olmaması nedeniyle, NaOCl ile birlikte kullanımı önerilmektedir (Mohammadi, 2012).

Tetraclean, MTAD gibi kombine maddeleri içeren bir üründür. İçerisinde bulunan antibiyotik konsantrasyonu ve deterjan çeşidinden dolayı farklılık göstermektedir. MTAD'nin üçte biri oranında doksisisiklin içermekte ve MTAD'de deterjan içeriği Tween80 iken Tetraclean'de propilen glikol bulunmaktadır. MTAD'de olduğu gibi NaOCl ile kullanımı önerilmektedir (Giardino ve ark., 2007).

QMIX, içerisinde Triclosan, CHX ve EDTA olan bir başka kombine üründür. Hem dentin duvarındaki debris hem de smear tabakasını çözücü etkinliğinin yanında antibakteriyel etki sağlaması için üretilmiştir (Haapasalo, 2008). Uzun süre uygulanması dentin duvarında ciddi erozyonlara yol açabileceğinden dolayı önerilmemektedir (Stojicic ve ark., 2010).

İyodin potasyum iyodür (IKI), iyi bir antimikrobiyal etkinlik gösteren, düşük toksisiteli, %2 ile %5 arası konsantrasyonlarda kullanılan bir ajandır. Bazı hastalarda alerjik reaksiyona yol açması klinik kullanım için dezavantaj oluşturmaktadır (Baker ve ark., 2004).

2.2. Kök Kanal Anatomisinin İrrigasyona Etkisi

Endodontik tedavideki başarısızlığın en önemli nedenlerinden biri, karmaşık kök kanal anatomisi nedeniyle yetersiz gerçekleştirilen dezenfeksiyon işlemidir (Nair, 2006). Kök kanal tedavisinde, pulpa boşluğunun tüm duvarlarının şekillendirilmesi, temizlenmesi ve uygun bir dolgu maddesi ile tıkanması amaçlanmaktadır. Ancak, mekanik preparasyonla ulaşılamayan ve aletlerin hiç temas etmediği alanlar kanal duvarlarının %35'ini oluşturmaktadır ve bu bölgelerde bakteriyel biyofilmler varlığını sürdürebilir (Peters ve ark., 2001). Bu nedenle, kök kanal sisteminin detaylı incelenmesi, tedavi başarısına doğrudan katkıda sağlamaktadır.

İsthmus, organik doku, biofilm veya kanal dolum materyali kalıntılarını barındırabilen iki kök kanalı arasında yatay seyreden dar bir bağlantıdır (Vertucci, 2005). Estrela ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada isthmus prevelansı değerlendirilmiş ve maksiller birinci molar dişlerde %60,8 (meziobukkal kökte %93,5), maksiller ikinci molar dişlerde ise % 46,5 (meziobukkal kök %78,8) isthmus bulunduğu bildirilmiştir. Endodontik tedavi ihtiyacının en sık görüldüğü dişlerden biri olan mandibular birinci molar diş (Iqbal ve ark., 2008), %87.9 ile en yüksek isthmus oranına sahip diş olarak bildirilmiştir (Estrela ve ark., 2015). Kök kanallarında mikrobiyal rezervuar görevi gördüğünden, kanal tedavisi sırasında etkili bir şekilde dezenfekte edilip tıkanması gereken bir bölgedir (Cambuzzi ve Marshall, 1983). İki veya daha fazla kök kanalı içeren bir kökte isthmus oluşumu yaygın olarak gözlemlenmektedir. Yapılan bir araştırmada, maksiller birinci molar dişlerin meziobukkal köklerindeki isthmus en sık apeksin 3-5 mm uzağında olduğu görülmüştür (Weller ve ark., 1995).

Aksesuar ve lateral kanallar, dişin pulpasından periradiküler dokulara doğru uzanan kanal yapılarıdır. Aksesuar kanal, pulpa dokusunun periodonsuyum ile bağlantısını sağlayan, ana kanalın rastgele kollarından bir tanesidir. Lateral kanal ise diş kökünün koronal ya da orta üçlü bölgesinde bulunan, çoğunlukla ana kanaldan yatay seyreden aksesuar kanaldır (Vertucci, 2005). Aksesuar ve lateral kanalların %73,5'inin apikal üçlü bölgesinde, %11,4'ünün orta üçlü bölgesinde ve %6,3'ünün servikal üçlü bölgesinde bulunduğu bildirilmiştir (Vertucci ve ark., 1984). Dişin gelişim evrelerinin kalsifikasyon safhasında periodontal damarların gelişim sırasında Hertwig epiteliyal kök kımı içinde sıkışması sonucu oluşurlar (Cutright ve Bhaskar, 1969). İrritan maddelerin pulpadan periyodonsuyuma geçişini sağlayan yolları oluştururlar. Çok köklü dişlerde de bulunabilen bu aksesuar kanallar, bifurkasyon veya trifurkasyon bölgelerinde yer aldığına "furkasyon kanalları" olarak adlandırılır (Vertucci ve ark., 1974). Furkasyon kanallarının, maksiller ve mandibular birinci molar dişlerin %24'ünde, mandibular ikinci molar dişlerin %20'sinde ve maksiller ikinci molar dişlerin %16'sında bulunduğu bildirilmiştir (Haznedaroğlu ve ark., 2003). Bu kanallar, furkada meydana gelen lezyonların en önemli nedenlerinden biri olabilir.

Apikal kök anatomisi, apikal daralım, semento-dentinal birleşim ve apikal forameni içeren üç temel anatomik noktadan oluşur. Apikal daralım, kök kanalının en dar noktası olup, kanal tedavisi sırasında enstrümantasyon, dezenfeksiyon ve dolum işlemlerinin apikalde tamamlanması gereken referans noktasıdır. 523 maksiller molar ve 574 adet mandibular molar dişin dahil edildiği bir çalışmada, en yaygın görülen apikal daralım şeklinin oval (%70) olduğu belirlenmiştir. Maksiller meziobukkal kanalda %71, mandibular mezial kanalda ise %87 oranında iki apikal daralım saptanmıştır (Briseñ Marroquín ve ark., 2004). Apikal kök morfolojisinin değerlendirildiği bir çalışmada, apikal üçlü bölgede fazla sayıda aksesuar kanal, rezorbe olmuş alanlar, tamir edilmiş rezorbsiyon bölgeleri, pulpa taşları ve farklı ölçülerde sekonder dentin içeren belirgin morfolojik farklılıklar gözlenmiştir (Mjör ve ark., 2001). Apikal bölgedeki karmaşık yapı ve bu morfolojik varyasyonların her kanalda değişkenlik göstermesi, kök kanal tedavisinde zorluklara neden olmaktadır.

C şekilli ve oval kanallar, yuvarlak kesitli ege sistemleriyle uyumlu olmayan, karmaşık anatomik yapılara sahiptir (Paqué ve ark., 2010). Oval kesitli kök kanallarında, yalnızca mekanik preparasyonla etkin bir dezenfeksiyon sağlamak oldukça zordur (Yin ve ark., 2010). C şekilli kanallar, mandibular birinci molar ve maksiller molarlarda görülebilse de en sık mandibular ikinci molarlarda rastlanılmaktadır (Vertucci, 2005). C şekilli kanallı mandibular molar dişler farklı anatomik varyasyonlar gösterebilir. Bu kanallar iki temel gruba ayrılmaktadır. Birinci grup, kanal orifisinden başlayıp apekse kadar tek bir kanal olarak devam eden yapıdadır. İkinci grup kanal orifisi seviyesinin altında üç ya da daha fazla kanala ayrılan morfolojilere sahiptir. İkinci grup daha yaygın olarak karşılaşılan konfigürasyondur (Cooke ve Cox, 1979).

Diş yapısındaki bu karmaşık anatomik morfolojiler, kök kanallarında etkin dezenfeksiyon sağlanmasını zorlaştırmaktadır. Kemomekanik preparasyon, ana kök kanal boşluğuna ve küçük anatomik düzensizliklere erişim sağlayabilir; ancak girintiler, istmuslar, dentin tübülleri, lateral kanallar ve apikal dallanmalar gibi bölgeler, kök kanal aletleri ve irrigantlar tarafından yeterince temizlenmeyebilir ve bakteri ile organik materyalin tutunması için uygun alanlar oluşturabilir (Siqueira ve ark., 2002b). Çalışmalar isthmus, lateral kanal ve apikal dallanmalar, girintiler ve dentin tübüllerinde yerleşmiş kalıcı enfeksiyonların, tedavi sonrası başarısızlıklara neden olduğunu göstermektedir (Ricucci ve ark., 2009).

Kök kanallarında ulaşılması zor olan bu bölgelerde etkili dezenfeksiyon sağlamak için, solüsyonlarının tüm dentin duvarlarıyla doğrudan temas etmesi ve etkin bir irrigasyon protokolü uygulanması gerekmektedir (Urban ve ark., 2017).

2.3. İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri

Kök kanalının karmaşık anatomik yapısı nedeniyle irrigasyon solüsyonlarının erişilmesi zor bölgelere etkin şekilde ulaşmasını sağlamak amacıyla pek çok sistem geliştirilmiştir. Bu sistemler; manuel aktivasyon yöntemleri (iğne ile aktivasyon, fırça ile aktivasyon, manuel dinamik aktivasyon), makine destekli aktivasyon teknikleri (endomotora takılan fırçalar,

Quantec-E, Self Adjusting File), sonik aktivasyon (Endoaktivatör, EDDY, Gentlewave sistem), ultrasonik aktivasyon, lazerler, negatif basınç prensibi ile çalışan irrigasyon yöntemleri (Endovac, Rinsendo) olmak üzere çeşitli kategorilere ayrılmaktadır.

İğne ile irrigasyon klinik pratikte yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. İğne, tamamen pasif bırakılabilir veya yukarı aşağı yönde hareket ettirilerek irrigasyon solüsyonlarının kanal içerisine yönlendirilmesi sağlanır. Solüsyonun kanalın apikal kısmına etkili bir şekilde ulaşmasını belirleyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler; iğnenin uç yapısı, şırınganın hacmi, iğnenin kanal içindeki hareketi, konumu ve hekimin pistonu uyguladığı basınçtır (Boutsioukis ve ark., 2007). Dental anestezi iğnelerinin açık uçlu olması, irrigasyon solüsyonunun apikalden taşma riskini artırmaktadır (Mehdipour ve ark., 2007). Bu riski azaltmak amacıyla, ucu kapalı ve 1 mm yukarısında yan delik bulunan irrigasyon iğneleri tasarlanmıştır (Pasricha ve ark., 2015). Bu tasarım, kanal temizliği sırasında hidrodinamik aktivasyonu destekleyerek irrigasyon etkinliğini artırmıştır. Optimum etkinlik, iğnenin kanalın apikalinden 1-2 mm uzakta konumlandırılması ile sağlanmaktadır (Kahn ve ark., 1995).

İğne ile irrigasyon tekniğinde, kanal içine uygulanan solüsyon miktarı doğrudan ölçülebilir (van der Sluis ve ark., 2006). Ucu kapalı iğneler kullanıldığında, solüsyonun apikal bölgeye sızma riski nispeten daha düşüktür (Gu ve ark., 2009). Ancak araştırmalar, bu iğnelerle irrigasyon yapılan dişlerde koronal ve orta bölgelerde etkili temizlik sağlanırken, apikal bölgede temizlik etkinliğinin yetersiz kaldığını göstermektedir (O'connell ve ark., 2000). Ayrıca, lateral kanal ve isthmus gibi erişilmesi zor bölgelerde bu tekniğin sınırlı olduğu ortaya konulmuştur (Adcock ve ark., 2011). Bunun sonucunda, bu yöntemde solüsyonun dentin tübüllerine penetrasyonu genellikle yetersiz kalmaktadır (Gu ve ark., 2009).

Fırçalar, kök kanalındaki pulpal ve nekrotik dokuların uzaklaştırılmasını ve irrigasyon solüsyonlarının aktive edilmesini sağlayan yardımcı enstrümanlardır. Bu fırçalar irrigasyon solüsyonunu direkt kanal içine göndermek yerine, kanal duvarlarının temizlenmesi ve kök kanalının genel

olarak yıkanması amacıyla tasarlanmıştır. Kanal içindeki solüsyonun dağılımını dolaylı olarak artırarak yıkama ve dezenfeksiyon süreçlerinin etkinliğini artırmada rol oynar (Keir, 1990). Bu amaca yönelik, endodontik uygulamalarda kullanılmak üzere, Endobrush ve NaviTip FX irrigasyon iğnesi gibi özel fırçalar geliştirilmiştir. Keir ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, Endobrush fırçasının aktif fırçalama ve rotasyon hareketleri sayesinde kök kanallarında etkili bir dezenfeksiyon sağladığı bildirilmiştir (Keir, 1990). Benzer şekilde, Al-Haq ve arkadaşları, 30-gauge NaviTip FX fırçalarının, aynı çapta fakat fırça kaplaması bulunmayan iğnelere kıyasla, kök kanalının koronal kısmındaki debrislerini uzaklaştırılmasında daha etkin bir temizleme sağladığını raporlamışlardır (Al-Haq ve ark., 2006).

Manuel Dinamik Aktivasyon (MDA), irrigasyon solüsyonlarının kök kanal sisteminde daha homojen dağılmasını ve apikal bölgeye penetrasyonunu artırmayı amaçlayan bir yöntemdir (McGill ve ark., 2008). Bu teknikte, son apikal genişlikteki gütaperka, kök kanalında irrigasyon solüsyonu bulunurken, manuel olarak ileri geri hareket ettirilir. Bu hareket solüsyonun kanal duvarları ile temasını artıracak, özellikle lateral kanallar, isthmuslar ve dentin tübüllerine ulaşmasını destekler (Caron, 2007). MDA, ekipman gerektirmemesi, kolay uygulanabilir olması ve minimal zaman alması nedeniyle pratik bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Çalışmalar, MDA'nın geleneksel iğne irrigasyonuna kıyasla daha iyi irrigasyon dağılımı sağladığını, ancak sonik ve ultrasonik sistemler kadar etkili olmadığını göstermektedir (Dadhich ve ark., 2023).

Endomotora takılan fırçalar, smear tabakasını ve dentin debrislerini kök kanal sisteminden uzaklaştırmak için kullanılan döner sistemle çalışan mikrofırçalar, ilk defa Ruddle tarafından geliştirilmiştir (Ruddle, 2001). Merkezinde bir teli olan ve bu telden doğrusal olarak uzanan çoklu kılı, biri sap biri fırça iki temel bölgeden oluşan bir sistem olarak tasarlanmıştır. Ruddle'nin tasarladığı bu mikrofırçayla, mikrofırçanın kanal içerisinde çalıştırılırken kanal içerisindeki düzensizliklere girip, özellikle bu bölgelerin temizlenmesi amaçlanmıştır. Bu, dentin artıklarını koronal yönde hareketini sağlayarak, kanaldan çıkarılmasını sağlamaktadır (Ruddle, 2001).

CanalBrush (Coltene/Whaledent GmbH+Co. KG, Almanya), boyu 41 mm, %2 koniklik açısı olan, döner sistemle uygulamaya izin veren, polipropilen yapıda bir fırçadır. 600 rpm hızda kullanımı önerilmiştir. Kök kanalında ulaşılması güç düzensiz bölgelere girip, eğimli kanallara uyum sağlayabilmesi için esnek olarak tasarlanmıştır (Ruddle, 2001).

CanalBrush'ın irrigasyon etkinliğini değerlendiren bir çalışmada, koronal ve orta üçlüde yeterli ve etkili bir temizlik sağlandığı, apikal üçlüde smear tabakasının yalnızca sınırlı ölçüde uzaklaştırılabildiği görülmüştür (McGill ve ark., 2008). Roggendorf ve arkadaşları, CanalBrush ile geleneksel iğne irrigasyonunun, apikaldeki debris uzaklaştırma etkisini karşılaştırdıkları çalışmada CanalBrush'ın daha etkili bir temizlik sağladığını raporlamışlardır (Roggendorf ve ark., 2015). Weise ve arkadaşları, CanalBrush'ın irrigasyon solüsyonları ile birlikte kullanıldığında, debrisleri aksesuar kanallardan ve anatomik düzensizliklerden etkili bir şekilde uzaklaştırdığını bildirmiştir (Weise ve ark., 2007). Al-Ali ve arkadaşları CanalBrush ile ultrasonik tekniğinin debris uzaklaştırma açısından benzer performans gösterdiğini ve her iki tekniğin de manuel dinamik aktivasyona kıyasla etkili olduğunu bildirmiştir (Al-Ali ve ark., 2012).

Quantec-E (SybronEndo, Orange, CA), preparasyon işlemi sırasında sürekli irrigasyon sağlayarak etkinlik artırmayı amaçlayan bir sistemdir. Bu sistem, iki yıkama rezervuarı, bir pompa ve bir boru sisteminden oluşmaktadır. Bu sistem, irrigasyon solüsyonunun hacmini artırarak ve dentin duvarlarıyla temas süresini uzatarak, dezenfeksiyon etkinliğini artırmayı hedeflemektedir. Bu şekilde, solüsyonun kök kanal derinliklerine daha fazla penetre olabileceği ve dezenfeksiyon etkinliğinin artırılabilmesi öne sürülmüştür (Walters ve ark., 2002). Quantec-E'nin, konvansiyonel şırınga yöntemi ile karşılaştırıldığında daha güçlü debridman sağladığı varsayılmaktadır. Ancak, Setlock ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada elde edilen bulgular bu teoriyi desteklememiştir (Setlock ve ark., 2003). Çalışmada, konvansiyonel şırınga yöntemi ile Quantec-E'nin irrigasyon etkinlikleri karşılaştırılmış ve yalnızca koronal üçlüde Quantec-E'nin daha üstün olduğu, ancak orta ve apikal üçlüde

her iki tekniğin benzer sonuçlar verdiği bildirilmiştir (Setlock ve ark., 2003). Benzer şekilde, Walters ve arkadaşları da Quantec-E ile konvansiyonel şırınga yöntemini karşılaştırmış ve her iki yöntemin irrigasyon etkinliği açısından benzer sonuçlar verdiğini bildirmiştir (Walters ve ark., 2002).

Self Adjusting File (SAF) (Re-Dent-Nova, Ra'anna, İsrail), nikel-titanyum yapısında tellerin örgü şeklinde bükülmesiyle tasarlanmış, preparasyon işlemi ile eş zamanlı irrigasyona olanak tanıyan bir sistemdir. Ağsı tasarımı ve esnek metal yapısı sayesinde kök kanal şekline uyum sağlayarak, 0,4 mm'lik ileri-geri yönde vibrasyona izin vermektedir. Sistem, solüsyonun eğe içerisinden geçmesine izin verdiği için işlem sırasında kanal içine verilen solüsyonun ek bir basınç alanı oluşturmasını engellemektedir. SAF'ın boşluklu yapısı sayesinde solüsyonun kolaylıkla koronale doğru hareket etmesi sağlanırken, apikal bölgeden taşma riski azalır. Ayrıca, egeleme işlemi sırasında debrisin kanaldan uzaklaşmasını destekleyerek, irrigasyon solüsyonunun sürekli tazelenmesine ve işlem süresinin kısılmasına katkıda bulunmaktadır (Metzger ve ark., 2010).

Negatif basınçlı irrigasyon sistemleri, irrigasyon solüsyonlarının kontrollü bir şekilde apikal bölgeye iletilmesini ve geri emilmesini sağlayarak irrigasyon etkinliğini artırmayı amaçlamaktadır. En yaygın kullanılan negatif basınçlı sistemlerden biri EndoVac (SybronEndo, Orange, CA) olup, irrigasyon solüsyonunun küçük çaplı kanüller aracılığıyla apikal bölgeye yönlendirir ve negatif basınçla aspirasyon yaparak solüsyonun apikalden taşması önlenir (Nielsen & Craig Baumgartner, 2007). EndoVac'ın geleneksel iğne irrigasyonuna kıyasla apikal üçlüde daha etkili irrigasyon sağladığı ve irrigasyon solüsyonlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu artırdığı bildirilmiştir (Kara Tuncer & Unal, 2014).

Rinsendo kanal içerisine doldurulmuş irrigasyon solüsyonunun çalışma boyuna yakın konumlandırılmış iğne ile aspire ederken 1,6 Hz frekansla salınımla aktive eden bir sistemdir (Braun ve ark., 2005). Bu sistemde kanal sistemine irrigasyon solüsyonu verilmektedir. Daha sonra vakum etkisiyle solüsyon kanaldan geri emilirken taze solüsyon tekrar enjekte edilmektedir. Bu döngü ortalama bir dakikada 100 kez tekrar eder (Hauser ve ark., 2007).

Endoaktivatör ve manuel dinamik irrigasyondan daha fazla olduğunu ortaya koymuştur (Caron ve ark., 2010). Negatif basınçlı sistemler, apikal ekstrüzyon riskini azaltarak irrigasyon sırasında oluşabilecek doku hasarını en aza indirmesiyle önemli bir avantaj sağlamaktadır (Desai & Himel, 2009). Ancak bu sistemlerin uygulanması ek ekipman gerektirdiği için kullanım süresini uzatabilir ve maliyet açısından geleneksel yöntemlere göre daha yüksek olabilir.

Lazer destekli irrigasyon sistemleri, yüksek enerjili lazer ışınının sıvılarla etkileşimi sonucunda kök kanal sisteminde dinamik sıvı hareketi oluşturarak irrigasyon etkinliğini artırmayı amaçlamaktadır (Gu ve ark., 2009). Lazer ışını, irrigasyon solüsyonu içinde mikro-kavitasyon baloncukları oluşturarak solüsyonun kanal içinde hareketini sağlar ve böylece dentin duvarlarına daha iyi nüfuz etmesini, biyofilm ve debrislerin uzaklaştırılmasını sağlar. Endodontide en sık kullanılan lazer sistemleri arasında Er:YAG (Erbium-oped Yttrium Aluminium Garnet) ve Er,Cr:YSGG (Erbiyum, Krom: Yittriyum-Selenyum-Galyum-Garnet) lazerler bulunmaktadır. Çalışmalar, lazerle etkinleştirilmiş irrigasyonun smear tabakasını pasif ultrasonik irrigasyona (PUI) kıyasla daha kısa sürede uzaklaştırdığını bildirmektedir (De Moor ve ark., 2009; George ve ark., 2008).

Photon Induced Photoacoustic Streaming (PIPS), Er:YAG lazer sistemlerinde kullanılan uçların modifiye edilerek özel tasarlanmış uçlarla uygulanmasıyla geliştirilmiş bir yöntemdir (DiVito ve ark., 2012; Peters ve ark., 2011). PIPS yönteminde, lazer ucu kanalın 2-3 mm koronalinde konumlandırılarak irrigasyon solüsyonunun aktivasyonu sağlanır (DiVito ve ark., 2012). Solüsyonda meydana gelen yüksek akustik dalgalar solüsyonda küçük baloncuk patlamalarına sebep olarak kanal duvarlarının temizlenmesini sağlar (Peters ve ark., 2011). PIPS'in etkinliğinin sağlanabilmesi için kök kanalının işlem sırasında solüsyon ile dolu olması gerekmektedir (Peters ve ark., 2011). Yapılan bir çalışmada, PIPS ile aktivasyonun kökün apikal bölgesinde bakterileri tamamen ortadan kaldıramadığı, ancak ultrasonik aktivasyonla karşılaştırıldığında biofilm tabakasının uzaklaştırılmasında daha etkili olduğu bildirilmiştir (Peters ve ark., 2011). Başka bir çalışma ise, PIPS ile aktivasyonun

geleneksel irrigasyon yöntemlerine kıyasla smear tabakasını uzaklaştırmada daha etkili olduğu gösterilmiştir (DiVito ve ark., 2012).

GentleWave Sistemi (Sonendo, Inc, Laguna Hills, CA, ABD), çoklu frekansta ses dalgaları oluşturarak irrigasyon solüsyonlarının kanal içinde dinamik hareket etmesini ve dentin duvarlarına daha iyi nüfuz etmesini sağlayan ileri bir irrigasyon teknolojisidir (Haapasalo ve ark., 2014). Pulpa boşluğuna yerleştirilerek etkinlik gösterir. Bu sistemle minimum preparasyonla kanallarda etkin bir temizleme sağlandığı, kanalda kalan debrisin daha az olduğu, enjektörle yapılan irrigasyona göre irrigantın dentin tübüllerine daha iyi penetre olduğu bildirilmiştir (Molina ve ark., 2015; Chan ve ark., 2019). Yapılan bir çalışma, GW sisteminin konvansiyonel ve ultrasonik yöntemlere göre doku çözme hızının daha fazla olduğunu göstermiştir (Haapasalo ve ark., 2014).

2.3.1. Sonik İrrigasyon

Sonik aktivasyonun endodontide kullanımını ilk kez Tornstad ve arkadaşları rapor etmiştir (Gu ve ark., 2009). Kendi içinde dönme hareketi olmadan yatay yönlü titreşimlerle etkinlik gösteren, 1-6 Hz gibi düşük bir frekansta çalışan sistemlerdir (Susila ve Minu, 2019). Frekansındaki artış ileri geri genişleme hareketinde yükselişe sebep olur. Sonik sistemlerde yapılacak kanal içi ileri geri hareketler kanal sisteminde etkili bir hidrodinamik akış sağlayarak solüsyonun etkinliğini artırır (Ruddle, 2002).

Endoaktivatör (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK), kök kanalında dentini kesmeyen polimer bir ucun takıldığı taşınabilir bir el ünitesine sahip, ileri geri vertikal ve yatay yönlü titreşim hareketleriyle kanal içerisinde etkinlik gösteren (Ruddle, 2002) ve 3 farklı frekansta (33 Hz, 100 Hz ve 167 Hz) kullanılan bir cihazdır. Kök kanalında irrigasyon solüsyonlarının erişim sağlayamadığı lateral kanal gibi alanlarda etkinlik göstermesi amaçlanmıştır. Smear tabakasının etkili bir şekilde uzaklaştırılabildiği devrin dakikada 10000 siklus olduğu bildirilmiştir (Caron, 2007).

Yapılan bir çalışmada, Endoaktivatör ve PUI'nun apeksin 2-4,5

mm koronalindeki lateral kanallara etkinliği karşılaştırılmış, ancak iki yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (de Gregorio ve ark., 2009). Bununla birlikte, farklı bir çalışmada, eğri ve farklı koniklikte genişletilmiş kök kanallarında irrigasyon solüsyonlarının apikal bölgelere ulaşımı değerlendirilmiş, ultrasonik aktivasyonun Endoaktivatör sistemine kıyasla daha etkili olduğu bildirilmiştir (Merino ve ark., 2013).

Bryce ve arkadaşları kanal duvarlarına uygulanan kollajen filmin çeşitli irrigasyon teknikleri ile uzaklaştırma etkinliğini değerlendirmiş olup Endoaktivatör sistemin konvansiyonel şırınga irrigasyonuna kıyasla anlamlı derecede daha etkili olduğunu bildirmiştir (Bryce ve ark., 2018). Kumar ve arkadaşları ise aktivasyon yöntemlerinin üçlü antibiyotik patını uzaklaştırmadaki etkinliğini değerlendirmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre Endoaktivatör'un irrigasyon fırçalarına kıyasla daha etkili olduğu, ancak Endoaktivatör ile PUI arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (Kumar ve ark., 2020).

Desai ve Himel'in irrigasyon yöntemlerini apikal ekstrüzyon açısından değerlendirdiği çalışmada Endoaktivatör'ün manuel, ultrasonik ve Rinsendo sistemleriyle karşılaştırıldığında en az miktarda solüsyon ekstrüzyonuna neden olduğu ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bildirilmiştir (Desai ve Himel, 2009).

EDDY, yakın zamanlarda kullanıma sunulmuş, kesmeyen esnek poliamid bir uca sahip sonik titreşimli, yüksek frekansla (6000 Hz) çalışan bir cihazdır (Donnermeyer ve ark., 2019). EDDY'nin kırılmaya dirençli ucu kök kanal sisteminin bütünlüğünü koruyup eğimli kök kanallarında rahatça dönebilir (Urban ve ark., 2017). Meydana gelen titreşim, yüksek genlikli salınım hareketiyle poliamid uca aktarılır (Plotino ve ark., 2019). Üretici firma bu üç boyutlu hareket ile EDDY'nin de pasif ultrasonik irrigasyon gibi kavitasyon ve akustik akış meydana getirdiğini iddia etmektedir (Park ve ark., 2020). EDDY'nin kök kanalından debris ve smear tabakasını uzaklaştırmada etkin bir rolü olduğu bildirilmiştir (Urban ve ark., 2017). Düz ve eğimli kanallarda irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin kök kanal dezenfeksiyonu üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmada, EDDY'nin PUI ile benzer etkinlik gösterdiği

bildirilmiştir (Neuhaus ve ark., 2016). %3'lük NaOCl'nin irrigasyon solüsyonu olarak uygulandığı bir çalışmada, EDDY'nin kökün koronal ve orta üçlü bölgesinde intratübüler bakterileri uzaklaştırmada konvansiyonel iğne irrigasyonundan daha etkili olduğu gösterilmiştir (Zeng ve ark., 2018).

2.3.2. Ultrasonik İrrigasyon

Ultrasonik cihazlar, 1957'de Richman tarafından kanal irrigasyonunda kemomekanik etkinliği artırmak amacıyla tanıtılmıştır (Richman, 1957). Eğeler, kanal duvarlarında mekanik şekillendirme sağlayabilmek için 25-30 kHz'lik frekans aralığında yatay yönlü titreşimlerle çalışmaktadır (van der Sluis ve ark., 2007).

Literatürde ultrasonik irrigasyon, iki farklı şekilde ele alınmaktadır (Abbott ve ark., 1991). Birincisi ultrasonik enstrümantasyon sırasında irrigasyon solüsyonunun eş zamanlı olarak uygulandığı ultrasonik irrigasyon (UI); ikincisi ise kanal hazırlığı tamamlandıktan sonra irrigasyon solüsyonunun aktivasyonunu sağlamak amacıyla kullanılan PUI'dır. UI sırasında, eğenin bilinçli olarak kök kanal duvarlarıyla teması sağlanmaktadır. Ancak, karmaşık kök kanal anatomisi nedeniyle eğe tüm kanal yüzeylerine temas etmede yetersiz kalabilir ve bu durum, etkin bir dezenfeksiyon sağlayamamasına, ayrıca kanal duvarlarında kontrolsüz kesimlere sebep olabilmektedir (van der Sluis ve ark., 2007). Yapılan bir çalışmada kavitasyon oluşumu ve genişliğini belirleyen faktörlerin eğenin titreşim frekansı, eğenin konikliği ve ultrasonik güç olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, kanal duvar ile eğe arasında meydana gelen kavitasyonun, isthmus ve lateral kanallara ulaştığı da gözlemlenmiştir (Macedo ve ark., 2014).

Yapılan çalışmalar, kök kanalları UI cihazlarıyla şekillendirilen kanalların, geleneksel eğelerle şekillendirilmiş kanallara kıyasla daha etkili bir dezenfeksiyon sağladığını göstermektedir (Lee ve ark., 2004). Buna ek olarak, bazı araştırmalar UI'nın ana irrigasyon ve şekillendirme yöntemi olarak kullanılmasının belirgin bir avantaj sunmadığını bildirmiştir (Walker & Del Rio, 1989). PUI'nin, smear tabakası ve debrisleri uzaklaştırma etkinliğinin UI'den

anlamli derecede daha yuiksek olduğu rapor edilmiştir (van der Sluis ve ark., 2007). Bu durumun, ultrasonik eğenin henüz prepare edilmemiş kök kanalındaki titreşim hareketinin sınırlı olması ve temizleme etkinliğinin yeterli düzeyde sağlanamaması ile ilişkili olabileceği öne sürülmüştür (van der Sluis ve ark., 2007).

PUI, akustik enerjinin titreşim yapan bir eğe aracılığıyla kök kanalındaki irrigasyon solüsyonlarına iletilmesine dayanan bir yöntemdir. Kanalın merkezine yerleştirilerek aletin ultrasonik olarak aktive edilmesiyle akustik akış meydana gelmektedir (van der Sluis ve ark., 2007). Bu akustik akış, eğe çevresinde “girdap akışı” olarak adlandırılan yoğun, küçük, dairesel sıvı hareketlerine neden olmaktadır (van der Sluis ve ark., 2007). Kanal içerisinde serbestçe titreşen alet enerjisinin kanalda bulunan irrigasyon solüsyonuna aktarmaktadır (van der Sluis ve ark., 2007). PUI, kök kanalı final apikal çap ve kanal konikliğine ulaşıldığında uygulanan bir yöntemdir. Kök kanal şekillendirilmiş olması, eğenin serbest hareket etmesini sağlayarak irrigasyon solüsyonunun apikal bölgelere daha etkili bir şekilde penetre olmasını sağlamaktadır (van der Sluis ve ark., 2005).

PUI iki farklı yöntemle uygulanmaktadır: devamlı ve aralıklı aktivasyon. Devamlı aktivasyonda, irrigasyon solüsyonu ultrasonik cihazdan sürekli olarak salınmakta, aralıklı aktivasyon yönteminde ise irrigasyon solüsyonu her aktivasyon siklusundan sonra manuel olarak yenilenmektedir (Cameron, 1988).

Aralıklı aktivasyon yönteminde, irrigasyon solüsyonunun şırınga yardımıyla kanala uygulanmakta, ardından ultrasonik cihaz aktive edilmektedir. Bu işlemden sonra, çözünmüş artıkların uzaklaştırılması için kanala tekrar taze solüsyon uygulanmaktadır. Her aktivasyon siklusundan sonra bu uygulama birkaç kez tekrarlanmaktadır. Aralıklı aktivasyon yönteminin en önemli avantajı, kanala gönderilen irrigasyon solüsyonu hacminin ve apikal bölgeye iletilen solüsyon miktarının daha kontrollü olmasıdır, çünkü iğnenin penetrasyon derinliği belirlenebilir. Ancak, sürekli aktivasyon yönteminde bu mümkün olamamaktadır. Yapılan bir çalışmada, her iki yöntemin de 3 dakikalık irrigasyon süresi boyunca kullanılmasıyla kanal içi debris uzaklaştırma açısından benzer etkinlik gösterdiği bildirilmiştir (Gu ve ark., 2009).

2.4. Apikal Ekstrüzyonun Klinik Önemi

Apikal ekstrüzyon, kök kanal tedavisi sırasında irrigasyon solüsyonlarının, dentin talaşlarının, mikroorganizmaların ve nekrotik doku artıklarının kök ucundan periradiküler dokulara taşmasıyla ortaya çıkan bir durumdur. Bu durum, periradiküler inflamasyon, ağrı, şişlik ve iyileşme sürecinin uzaması gibi klinik sorunlara yol açabilir (Siqueira, 2003). Apikal ekstrüzyon, tedavi sonrası oluşabilecek postoperatif ağrının en önemli nedenlerinden biridir. Özellikle periapikal dokulara taşan debris ve mikrobiyal kontaminasyon, doku savunma mekanizmasını aktive ederek inflamatuvar yanıtı artırır ve hastada şiddetli ağrıya neden olabilir (Tinaç ve ark., 2005).

Flare-up olarak adlandırılan bu alevlenmeler, kök kanal tedavisinden sonra ortaya çıkan şiddetli ağrı ve/veya şişlik ile karakterizedir (Siqueira, 2003). Flare-up insidansının %1,4 ile %16 arasında değiştiği, bazı çalışmalarda ise %50'ye kadar çıkabildiği bildirilmiştir (Udoye, 2010; Azim ve ark., 2017). Bu oransal farklılıkların, uygulanan endodontik prosedürler, ağrı ve şişlik değerlendirme kriterleri ve klinik deneyim gibi birçok faktörden etkilendiği bildirilmektedir (Iqbal ve ark., 2009).

Kök kanal tedavisi sırasında kullanılan eğe sistemleri ve şekillendirme teknikleri apikal ekstrüzyon miktarını doğrudan etkileyebilmektedir. Yapılan çalışmalar, manuel eğelerle step back tekniği kullanılarak yapılan kanal şekillendirmelerinin Ni-Ti döner eğelerle yapılan crown down tekniğine kıyasla daha fazla apikal ekstrüzyonuna neden olduğunu ortaya koymuştur (Pasqualini ve ark., 2012). Farklı kinematik hareketlere sahip eğelerin apikalden taşan debris ve postoperatif ağrı üzerine etkisini de değerlendiren çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Gambarini ve ark., 2012; Cicek ve ark., 2017; Eyuboğlu & Ozcan, 2019). Bu çalışmaların bir kısmı resiprokal hareket yapan eğelerin daha az apikal ekstrüzyonuna neden olduğunu bildirirken (Eyuboğlu & Ozcan, 2019), bir kısmı ise tam tersinin bildirmektedir (Garcia-Font ve ark., 2018).

İrrigasyon tekniklerinin de apikal ekstrüzyon üzerinde belirgin bir etkisi bulunmaktadır. Geleneksel iğne irrigasyonu ile uygulanan solüsyonlar, negatif basınçlı

irrigasyon sistemlerine kıyasla daha fazla apikal ekstrüzyona neden olmaktadır (Desai ve Himel, 2009). Susila ve arkadaşları, son yıllarda kullanılan irrigasyon cihazlarının, geleneksel irrigasyon yöntemlerinden postoperatif ağrıyı azaltmada daha faydalı olduğunu ve kök kanal düzensizliklerini temizlemede daha etkili olduğunu göstermiştir (Susila ve Minu, 2019). Postoperatif ağrıyı azaltmada Endoaktivatör kullanımının etkili olduğunu bildiren çalışmalar da mevcuttur (Ramamoorthi ve ark., 2015; Yılmaz ve ark., 2019). Yapılan çalışmalar EndoVac uygulamasının da postoperatif ağrıyı önemli ölçüde azalttığını göstermiştir (Gondim ve ark., 2010; Topçuoğlu ve ark., 2018). Bu çalışmalarla uyumlu olarak sürekli ultrasonik irrigasyonun geleneksel iğne irrigasyonuna göre daha az postoperatif ağrıya sebep olduğu bildirilmiştir (Middha ve ark., 2017). Topçuoğlu ve arkadaşlarının çeşitli irrigasyon tekniklerinin postoperatif ağrıya olan etkilerini inceledikleri çalışmalarında sonik irrigasyon, PUI, konvansiyonel iğne irrigasyonuna göre manuel dinamik irrigasyonun daha fazla postoperatif ağrıya ilişkili olduğu gösterilmiştir (Topçuoğlu ve ark., 2018). Bunların yanında düşük seviye lazerin de postoperatif ağrıyı azaltmada etkili olduğu bildirilmiştir (Metin ve ark., 2018). Farklı irrigasyon solüsyonlarının postoperatif ağrı üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı yönünde çalışmalar bulunsa da (Onay ve ark., 2015), bazı araştırmalar %5,25'lik NaOCl kullanımının %2'lik CHX'e kıyasla daha fazla ağrıya neden olduğunu ortaya koymuştur (Bashetty ve Hegde, 2010). Benzer şekilde, düşük konsantrasyondaki NaOCl solüsyonlarının daha az postoperatif ağrıya neden olduğu bildirilmiştir (Mostafa ve ark., 2020).

Apikal ekstrüzyonu önleyebilmek için klinik uygulamalarda çalışma boyunun hassas şekilde belirlenmesi ve irrigasyon sırasında iğnenin apeksin en az 1-2 mm koronalinde konumlandırılması önerilmektedir. Ayrıca, endodontik tedavinin tamamlanması için gereken seans sayısı dişin klinik durumu ile doğrudan ilişkilidir. Vital ve herhangi bir klinik semptom göstermeyen dişlerde tek seans önerilirken, nekrotik ve periradiküler lezyonu bulunan dişlerde seanslar arasında kanal içi medikament kullanılarak iki seans uygulanması önerilmektedir (Figini ve ark., 2008). Yapılan birçok çalışmalar, kanal içi ilaçların postoperatif ağrıyı azaltmada etkili olduğunu bildirmektedir (Ehrmann ve ark., 2003; Singh ve ark., 2013). Buna karşın, bazı çalışmalar da kanal içi ilaç kullanımının postoperatif ağrı ile doğrudan ilişkili olmadığını bildirmiştir (Siqueira, 2003).

Endodontik tedavi sonrası gelişen flare-up insidansının yaş ve cinsiyet ile ilişkisi hala tartışmalı bir konudur. Bazı çalışmalar, yaş ve cinsiyetin flare-up üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığını bildirirken (Walton, 2002), bazıları ise kadın hastalarda flare-up oranının daha yüksek olduğunu rapor etmiştir (Naoum & Chandler, 2002). Benzer şekilde, tedavi sonrası ağrının pulpanın vital veya nekrotik olmasına bağlı olup olmadığı da literatürde net olarak açıklığa kavuşturulamamıştır. Bununla birlikte, tedavi öncesinde semptomatik olan dişlerde, işlem sonrası ağrı ile apikal periodontitis arasında güçlü bir ilişki olduğu gösterilmiştir.

Yapılan bazı çalışmalar endodontik olarak tedavi edilmiş mandibular molar dişlerin postoperatif ağrı açısından yüksek insidanslı olduğunu göstermişlerdir (Segura-Egea ve ark., 2009; Shresha ve ark., 2018). Bunun aksi yönde diş tipi ile endodontik tedavi sonrası flare-up arasında bir korelasyon olmadığını bildiren çalışmalar da vardır (Onay ve ark., 2015; Nair ve ark., 2017).

Sonuç olarak, apikal ekstrüzyon endodontik tedavi sırasında karşılaşılan en önemli komplikasyonlardan biri olup, postoperatif ağrı ve tedavi başarısını doğrudan etkilemektedir. Endodontik tedavi protokollerinin doğru planlanması, uygun şekillendirme ve irrigasyon tekniklerinin kullanılması ile apikal ekstrüzyon riski en aza indirilebilir ve hastaların tedavi sonrası konforu artırılabilir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu tez çalışması, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı ve Araştırma Laboratuvarı'nda yapılmış in-vitro bir çalışmadır. Bu tez çalışması için Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Girişimsel Olmayan Etik Kurulunda 24/06/2024 tarihli, 2024/07-28 no'lu karar ile onay alınmıştır. Etik Kurul onayı sonrasında çalışmalara başlanmıştır.

3.1. Dişlerin Seçilmesi ve Standardizasyonu

Örneklem büyüklüğü hesaplaması, Topçuoğlu ve arkadaşlarının çalışmasından elde edilen verilere dayanarak G* Power v3.1 (Heinrich Heine, Düsseldorf Üniversitesi, Düsseldorf, Almanya) kullanılarak yapılmıştır (Topçuoğlu ve ark., 2016). Güç analizine göre, etki büyüklüğü ($f = 0.4966$), alfa düzeyi ($\alpha = 0.05$) ve %95 güç kullanılarak minimum örneklem büyüklüğünün 90 olması gerektiği belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasında periodontal ya da ortodontik nedenlerle çekilmiş 90 adet tek köklü, matür mandibular alt premolar diş kullanılmıştır. Standart örnekler oluşturabilmek için benzer ebat ve boylarda dişler tercih edilmiştir. Dişler stereomikroskop altında incelenmiş ve çatlak veya kırık bulunan dişler çalışmaya dahil edilmemiştir. Kullanılacak dişlerden hem meziodistal hem de bukkolingual açılardan alınan radyografilerle tek kanala sahip olup olmadığı kontrol edilmiştir. Kök kanalında kalsifikasyon ve rezorbsiyon bulunan dişler çalışma dışı bırakılmıştır. Schneider yöntemi ile dişlerin kurvatür açıları belirlenmiş olup 10-20° aralığındaki dişler çalışmaya dahil edilmiştir (Schneider, 1971).

Diş yüzeylerindeki yumuşak ve sert doku birikintileri küret yardımıyla uzaklaştırılmış ve dişler kullanılacağı zamana kadar distile suda bekletilmiştir. Dişlerin kron kısımları, çalışma boyunun 16 mm olarak standardize edilmesi amacıyla su soğutması altında elmas frez (Intensiv, İsviçre) ile uzaklaştırılmıştır. Giriş kaviteleri açıldıktan sonra #15 numara K tipi eğe (VDW, Münih, Almanya)

ile eğe apikalden görülebilir hale geldikten sonra uzunluktan 1 mm çıkarılarak çalışma boyu belirlenmiştir.

3.2.Deney Düzeneklerinin Hazırlanması

Bu tez çalışmasında apikalden taşan debrıs miktarını değerlendirmek için Myers ve Montgomery'nin geliştirmiş olduğu deneysel yöntem kullanılmıştır (Myers ve Montgomery, 1991). Eppendorf tüplerini tartmak için hassasiyet derecesi 10⁻⁵ olan elektronik bir terazi (Sartorius Denver Hassas Terazi, Sartorius, Goettingen, Almanya) kullanılmıştır (şekil 1). Tartma işleminden önce tüm tüplerin kapağı numaralandırılmıştır. Sonrasında her tp 3 defa tartılıp çıkan sonuçların ortalaması hesaplanarak tüpün başlangıç ağırlığı belirlenmiştir.



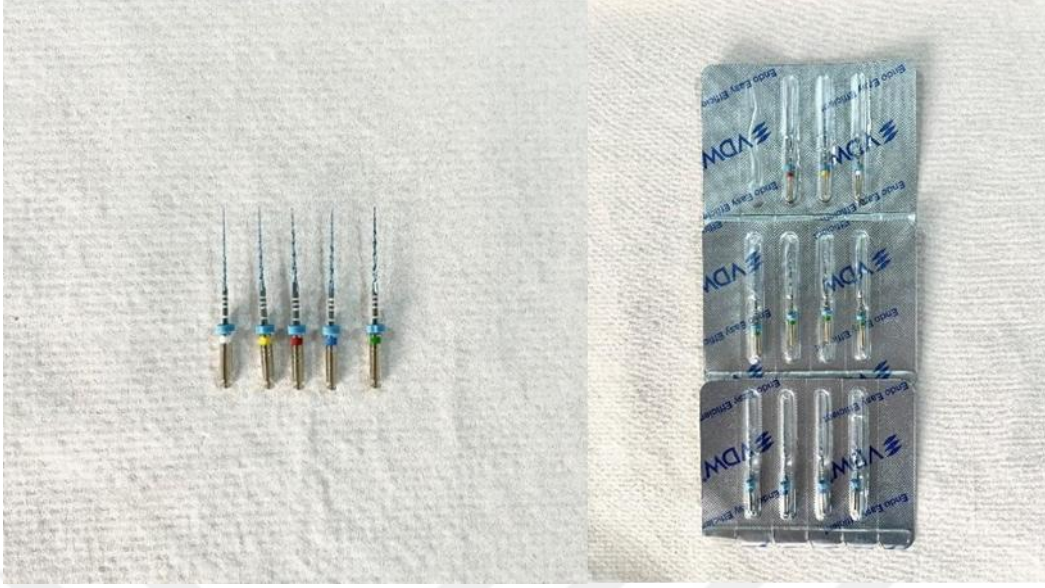
şekil 1. Ağırlık lmnde kullanılan hassas terazi

Deney düzeneği için 90 adet eppendorf tüpünün plastik kapağı kesilip bu kapaklara ısıtılmış bir aletle bir delik oluşturulup dişler tüpün içine basınc yardımıyla yerleştirilmiştir. Diş ile kapak arasındaki boşluk siyanoakrilat (Pattex Hızlı Yapıştırıcı,

Türk Henkel, İstanbul, Türkiye) yardımıyla sızdırmaz bir biçimde doldurulmuş ve dış bu şekilde sabitlenmiştir. Öncesinde tartılıp numaralandırılmış olan tüplerin kapakları açılarak onların yerine bu dişli kapaklar tüplere yerleştirilmiştir. Böylelikle, eppendorf tüplerinin kapakları zarar görmemiş ve tüplerin ağırlığı korunmuştur. Eppendorf tüplerinin kapaklarının yanına, iç ve dış hava basıncını dengelemek amacıyla 27 gauge'luk iğne (Beybi, Anhui, China) yerleştirilmiştir. Hazırlanan eppendorf tüpü düzeneğinin sabitlenmesi ve dış etkenlerden korunması için, tüpler cam şişelerin kapaklarına oluşturulan uygun boşluklara yerleştirilmiş ve böylece deney düzeneği oluşturulmuştur. Hekimin tarafsızlığını etkilememesi için, kahverengi cam şişeler etrafı lastik örtü ile kaplanarak işlem sırasında dişin kökünün görünmesi engellenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Deney Düzeneği



Şekil 3. VDW Rotate döner eğe sistemi

3.3.Grupların Hazırlanması ve Kanalların Aktivasyonu

Tüm örnekler, kullanılacak aktivasyon yöntemi göre rasgele 3 gruba (n=30) ayrılarak, her grup kendi içinde uygulanacak aktivasyon derinliğine göre iki alt gruba ayrıldı.

Yapılan bütün işlemler tek operatör tarafından gerçekleştirildi. Tüm gruplarda mekanik preparasyon VDW Rotate döner eğe sistemi (VDW, Münih, Almanya) ile 15.04 numaralı eğe 1.3 tork ve 350 rpm ile, diğer eğeler 2.0 tork ve 350 rpm ile kullanılarak gerçekleştirildi. Kanal preparasyonu kanal genişliği 35.04 olacak şekilde çalışma boyunca tamamlandı. Kök kanalları her eğe değişiminde, 30 gauge Navitip (Ultradent, South Jordan, UT) iğneleri ile çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde 1 ml distile su ile 0.1 ml/s'lik akış hızı ile 10 saniye boyunca irrije edildi. Şekillendirme ve genişletme sırasında toplam 4 ml distile su kullanıldı.

Grup 1a: Son eğeden sonra enjektör çalışma boyundan 2 mm kısa yerleştirilerek kök kanalları 0.1 ml/s'lik akış hızı ile 10 saniye boyunca 1 ml distile su ile irrije edildi. Sonra EDDY cihazı (25/0.04, VDW, Münih, Almanya) 6000 Hz frekansta TA-200 ile (Micron, Japonya), çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde

kanala yerleştirilip 20 saniye boyunca etkinleştirildi. Bu döngü aynı miktarda solüsyon yenilenerek üç kez tekrarlandı (Şekil 4). Final aşamasında bu aktivasyonda 3 ml distile su kullanıldı.

Grup 1b: Son eğeden sonra enjektör çalışma boyundan 2 mm kısa yerleştirilerek kök kanalları 0.1 ml/s'lik akış hızı ile 10 saniye boyunca 1 ml distile su ile irrigate edildi. Sonra EDDY cihazı 6000 Hz frekansta TA-200 ile, çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde kanala yerleştirilip 20 saniye boyunca etkinleştirildi. Bu döngü aynı miktarda solüsyon yenilenerek üç kez tekrarlandı. Final aşamasında bu aktivasyonda 3 ml distile su kullanıldı.



Şekil 4. EDDY ucu ve TA-200

Grup 2a: Son eğeden sonra enjektör çalışma boyundan 2 mm kısa yerleştirilerek kök kanalları 0.1 ml/s'lik akış hızı ile 10 saniye boyunca 1 ml distile su ile irrigate edildi. Sonra PUI cihazı (Şekil 5) 25 kHz frekansta, ultrasonik uç (Irri-S, 21/25, VDW, Münih, Almanya) çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde kanala yerleştirilip 20 saniye boyunca etkinleştirildi. Bu döngü aynı miktarda solüsyon yenilenerek üç kez tekrarlandı. Final aşamasında bu aktivasyonda 3 ml distile su kullanıldı.

Grup 2b: Son eğeden sonra enjektör çalışma boyundan 2 mm kısa yerleştirilerek kök kanalları 0.1 ml/s'lik akış hızı ile 10 saniye boyunca 1 ml distile su

ile irrigate edildi. Sonra PUI cihazı 25 kHz frekansta, ultrasonik uç (Irri-S, 21/25, VDW, Mnh, Almanya) alışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde kanala yerleştirilip 20 saniye boyunca etkinleştirildi. Bu döngü aynı miktarda solüsyon yenilenerak üç kez tekrarlandı. Final aşamasında bu aktivasyonda 3 ml distile su kullanıldı.



şekil 5. Ultrasonic cihaz

Grup 3a: Son eğeden sonra 0.1 ml/s'lik akış hızı ile 30 saniye boyunca 3 ml distile suyla tüm grupların aksine iğne çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde irrigate edildi.

Grup 3b: Son eğeden sonra 0.1 ml/s'lik akış hızı ile 30 saniye boyunca 3 ml distile suyla iğne çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde irrigate edildi.

Tüm gruplarda irrigasyon solüsyonu olarak distile su kullanıldı. Deney bittikten eppendorf tüplerinden kapaklar çıkarıldıktan sonra dişlerin kök yüzeylerindeki debrıs artıkları için kökler 1 ml distile su ile yıkanıp debrısın tüpte toplanması sağlandı. Her örnekte irrigasyon için toplam 7 ml distile su kullanıldı. Eppendorf tüpleri distile suyu dehidrate edebilmek için dik kalacak şekilde düzeneğe yerleştirilerek 5 gün boyunca 70°C'de (Arslan & Kustarci, 2018; Barbosa-Ribeiro ve ark., 2018; Doğanay Yıldız ve ark., 2020) bir inkübatörde (Memmert GmbH + Co. KG, Schwabach, Almanya) saklandı (şekil 6).



Şekil 6. Örneklerin bekletildiği Memmert UN 110 Etüv

3.4. Taşan Debris Miktarının Değerlendirilmesi

Dehidrate debris kalıntısı olan her eppendorf tüpü, preparasyon öncesinde boş eppendorf tüplerinin tartıldığı prosedür kullanılarak 10^{-5} hassasiyete sahip elektronik terazi ile tartıldı. Her eppendorf tüpü 3 kez tartılıp ortalaması alınıp son ağırlık hesaplanmıştır. Apikalden taşan debris miktarı, distile suyun dehidrate olmuş haliyle debris içeren eppendorf tüpünün ortalama ağırlığından, boş eppendorf tüpünün ortalama ağırlığının çıkartılmasıyla mg cinsinden hesaplandı.

3.5. Verilerin İstatistik Analizi

Veriler IBM SPSS V23 ile analiz edildi. Normal dağılıma uygunluk Shapiro-Wilk testi ile incelendi. Aktivasyon yöntemi ve derinliğe göre normal dağılan apikal debris ekstrüzyonu değerlerinin karşılaştırılmasında iki yönlü ANOVA testi kullanıldı ve çoklu karşılaştırmalar Bonferroni testi ile incelendi. Önem düzeyi $p < 0,050$ olarak alındı.

4. BULGULAR

Derinlik ayrımı yapmaksızın aktivasyon yöntemine göre apikal debris ekstrüzyonu ortalamaları farklılık göstermiştir ($p<0,001$). Aktivasyon yöntemi ve derinlik faktörüne göre apikal debris ekstrüzyonu değerlerinin karşılaştırılması Tablo 1’de gösterilmiştir. Sonik aktivasyon yönteminin ortalaması 0,000666 g, ultrasonik aktivasyonu ortalaması 0,000500 g ve kontrol grubunun ortalaması 0,000409 g olarak elde edilmiştir. Apikal debris ekstrüzyonu değerlerine ait ortalama ve standart sapma grafiği Şekil 7’de gösterilmiştir. Çoklu karşılaştırma sonucunda sonik ile ultrasonik arasında ($p=0,001$), sonik ile konvansiyonel arasında ($p<0,001$) bir fark elde edilmiş iken ultrasonik ile konvansiyonel yöntem arasında bir fark bulunmamıştır ($p=0,159$). Aktivasyon yöntemi ayrımı yapmaksızın derinliğe göre apikal debris ekstrüzyonu ortalaması farklılık göstermiştir ($p<0,001$). Derinliği apikalden 1 mm kısa yapılan örneklerin ortalaması 0,000657 iken 2 mm kısa örneklerin ortalaması 0,000394 olarak elde edilmiştir.

Tablo 1. Aktivasyon yöntemi ve derinlik faktörüne göre apikal debris ekstrüzyonu değerlerinin karşılaştırılması

	Sd	F	p	Kısmi Eta Kare
Aktivasyon yöntemi	2	16,138	<0,001	0,278
Derinlik	1	49,228	<0,001	0,370
Aktivasyon yöntemi * Derinlik	2	0,264	0,768	0,006

F: Varyans analizi test istatistiği, Sd: Serbestlik derecesi, $R^2=0,494$, düzeltilmiş $R^2=0,464$

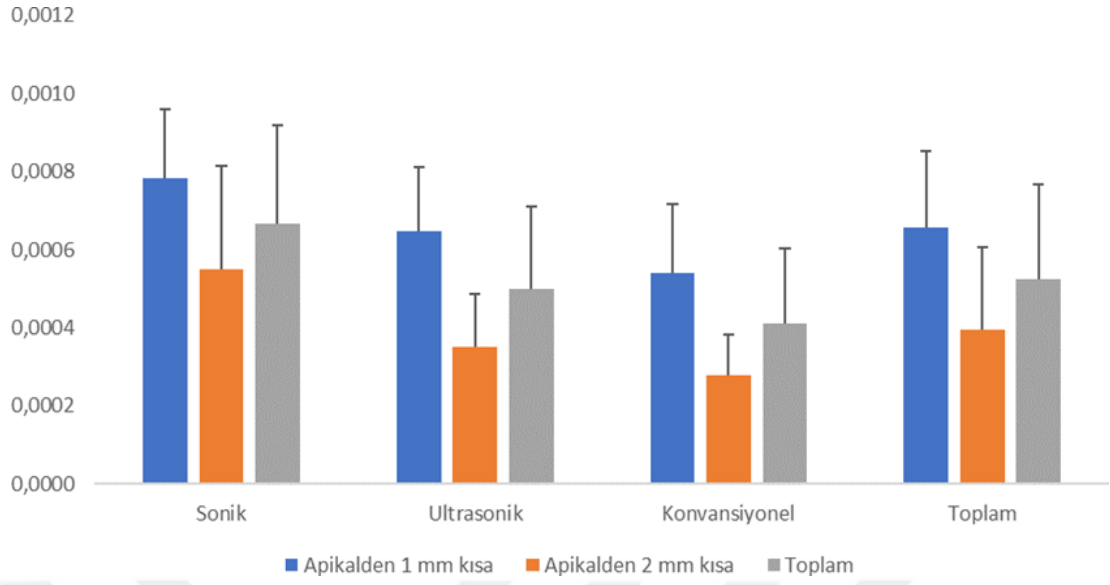
Aktivasyon yöntemi ve derinlik etkileşimine göre apikal debris ekstrüzyonu ortalamaları farklılık göstermemektedir ($p=0,768$). Aktivasyon yöntemi ve derinlik faktörüne göre apikal debris ekstrüzyonu değerlerinin tanımlayıcı istatistikler ve çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 2’de gösterilmiştir. Her bir aktivasyon yöntemi içerisinde derinlikler arasında, her bir derinlik grubu içerisinde aktivasyon yöntemlerine göre bir farklılık bulunmamıştır. Kısmi eta kare değerleri incelendiğinde

apikal debris ekstrüzyonu üzerinde en fazla 0,370 etki büyüklüğü derinlik faktörü sahiptir. Aktivasyon yöntemi, derinlik, aktivasyon yöntemi ve derinlik etkileşimi ile apikal debris ekstrüzyonu %46,4 oranında belirlenmiştir.

Tablo 2. Aktivasyon yöntemi ve derinlik faktörüne göre apikal debris ekstrüzyonu değerlerinin tanımlayıcı istatistikler ve çoklu karşılaştırma sonuçları (mg cinsinden)

Derinlik	Aktivasyon yöntemi			Toplam
	Sonik	Ultrasonik	Konvansiyon el	
Apikalden 1 mm kısa	0,782±0,179	0,648±0,163	0,539±0,179	0,657±0,197
Apikalden 2 mm kısa	0,551±0,265	0,351±0,134	0,280±0,102	0,394±0,212
Toplam	0,666±0,251a	0,500±0,211b	0,409±0,195b	0,525±0,243

a-b: Aynı harfe sahip aktivasyon yöntemleri arasında bir fark yoktur, ortalama±s. sapma



Şekil 7. Apikal debris ekstrüzyonu değerlerine ait ortalama ve standart sapma grafiği

5. TARTIŞMA

Kök kanal enstrümantasyonu ve irrigasyonu sırasında irrigasyon solüsyonları, pulpal dokular, dentin artıkları, mikroorganizmalar ve onların metabolik artıkları apikal foramenden ekstrüze olabilir (Tanalp ve Güngör, 2014). Apikalde ekstrüzyon, postoperatif ağrı, periradiküler inflamasyon ve periapikal dokuların iyileşme sürecinin gecikmesi gibi klinik sonuçlara yol açabilmektedir (Siqueira, 2002a; Siqueira & Barnett, 2004). Bu olumsuz etkileri minimize edebilmek için, kök kanal preparasyonu ve irrigasyon protokollerinin optimize edilmesi ve yardımcı cihazlardan faydalanılması gerekmektedir. Irrigasyon aktivasyon sistemlerinin türü ve kullanılan irrigasyon iğnesinin tasarımı, apikalden taşan debris miktarını belirleyen önemli faktörler arasında yer almaktadır (Karatas ve ark., 2015). Bu çalışmada iki farklı irrigasyon aktivasyon sisteminin (EDDY, PUI) farklı penetrasyon derinliklerinde kullanıldığında apikal debris ekstrüzyonu üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, çalışmamızda test edilen sıfır hipotezi kabul edilmiştir.

Apikal debris ekstrüzyonu miktarını belirlemeye yönelik çalışmalar, doğal fiziksel ortamın tam simüle edilememesi nedeniyle in vitro olarak laboratuvar ortamında gerçekleştirilmektedir (Desai ve Himel, 2009; Ada ve ark., 2023). Bu çalışmalarda, çekilmiş insan dişleri kullanılarak apikalden taşan irrigasyon solüsyonu, mikroorganizmalar ve debris miktarı değerlendirilmektedir (Mitchell ve ark., 2011; İnce Yusufoglu ve ark., 2020).

Apikal debris ekstrüzyonu ile ilgili çalışmalarda çekilmiş insan dişleri, akrilik bloklar ve şeffaf rezin dişler kullanılmıştır. Ancak, en sık tercih edilen insan dişleri olmuştur (Kum ve ark., 2000; Ruiz-Hubard ve ark., 1987; Tanalp ve Güngör, 2014). Ruiz-Hubard ve ark. çalışmalarında standartlaştırılmış modeller elde edebilmek amacıyla boyutu, şekli ve kök kanal eğim açısı deney öncesinde belirlenebilen akrilik modeller kullanmış, ancak elde edilen sonuçlar çekilmiş insan dişi kullanımını daha uygun bulmuşlardır (Ruiz-Hubard ve ark., 1987). Tanalp ve ark. çekilmiş insan dişlerinde dentin mikrosertliği farklılıklarının apikal debris ekstrüzyonu üzerinde etkili olduğunu bildirmiştir. Dentin sertliği düşük olan dişlerin sert dentin yapısına sahip dişlere kıyasla daha fazla debris ekstrüzyonuna neden olduğu ve bu farklılığın model

standardizasyonu açısından bir engel oluşturduğunu bildirmişlerdir (Tanalp ve Güngör, 2014). Lim ve Webber, deneysel çalışmalarda rezin blokların kök kanal şekillendirilmesinde kullanılabilirliğini değerlendirmişlerdir. Elde edilen sonuçlar çekilmiş insan dişleri ile rezin blokların kanal şekillendirmesi açısından karşılaştırılabilir olduğunu ortaya koymuştur (Lim ve Webber, 1985). Ancak, Kum ve ark. kök kanal enstrümantasyonu sırasında döner aletin meydana getirdiği ısının rezin akrilik bloklarda yumuşamaya neden olduğunu ve bunun deney düzeneğinin doğruluğunu olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir (Kum ve ark., 2000). Bununla birlikte, akrilik modellerin dentin yapısını, pulpal dokuyu, kanal yüzeylerindeki düzensizliği, doğal apikal forameni tam olarak simüle edememesi önemli bir dezavantaj olarak kabul edilmektedir. Gerçek diş morfolojisine en yakın deneysel ortamı oluşturabilmek ve klinik durumu daha doğru yansıtabilmek amacıyla bu çalışmada çekilmiş insan dişleri kullanılmıştır.

Dişlerin seçiminde, örneklerin benzer uzunluk ve boyutta olmasına dikkat edilmiştir. Dişlerden radyografiler alınarak, Schneider'in metoduna göre 10-20° arası eğimi bulunan dişler çalışmada kullanılarak eğimden kaynaklı oluşabilecek farklılıklar en aza indirilmeye çalışılmıştır (Schneider, 1971). Hem meziodistal hem de bukkolingual yönlerden çekilen radyografiler değerlendirilerek tek ve düz seyreden, kalsifikasyon veya anatomik varyasyon içermeyen çekilmiş mandibular premolar dişler çalışmaya dahil edilmiştir.

Kök kanal eğim derecesini belirlemek amacıyla birçok çalışmada Schneider metodu kullanılmıştır (Beeson ve ark., 1998; Capar ve ark., 2015; Schneider, 1971; Topçuoğlu ve ark., 2016). Klinik uygulamalarda yüksek eğimli kök kanallarına sahip dişlerle sıkça karşılaşmaktadır. Kök kanal eğimi 15-30° arasında değişen dişlerin dahil edildiği bir çalışmada, manuel ve mekanik şekillendirme sonrasında apikalden ekstrüze olan debris miktarı karşılaştırılmış, ancak yöntem farklılığının ve kök eğiminin apikalden taşan debris miktarı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Leonardi ve ark., 2007). Hafif ve orta eğimli kök kanallarına sahip dişlerle yapılan çalışmalarda da apikal debris ekstrüzyon miktarları açısından her iki grup arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (Leonardi ve ark., 2007; Psimma ve ark., 2013). Ancak, hafif, orta ve şiddetli kök eğimleri olan dişlerin dahil edildiği

çalışmalarda, apikal debris ekstrüzyonunun şiddetli eğime sahip dişlerde hafif şiddetli eğime sahip dişlere göre istatistiksel olarak daha fazla olduğu rapor edilmiştir (Karataslioglu ve ark., 2019; Serefoglu ve ark., 2020). Bu çalışmada, farklı aktivasyon yöntemlerinin apikal debris ekstrüzyonu üzerindeki etkisini değerlendirebilmek için benzer eğimlerde mandibular premolar dişler kullanılmıştır.

Kök kanal tedavisinde kemomekanik preparasyon başlamadan önce çalışma boyunun doğru belirlenmesi, tedavi başarısı açısından oldukça önemlidir. Çalışma boyunun kısa hesaplanması, dezenfeksiyonun eksik ve yetersiz yapılmasına, olduğundan uzun hesaplanması ise taşkın preparasyonla birlikte periapikal dokulara irrigasyon solüsyonu ve debris ekstrüzyonu gibi istenmeyen durumlara yol açarak ağrı ve şişlik gibi klinik komplikasyonlara sebep olabilmektedir (Siqueira, 2005). Klinik koşullarda, kök kanal tedavilerinin apikal konstrüksiyon seviyesinde sonlandırılması gerektiği kabul edilmektedir (Cailleateau ve Mullaney, 1997). Apikal konstrüksiyonun, apikal foramenin 0,5–1.5 mm koronalinde bulunduğu bilinmektedir (Hargreaves, 2016). Çalışma boyunun, apikalden taşan debris miktarına etkisinin incelendiği çalışmalar, apikal foramen hizasında yapılan preparasyonların, apikal foramenden 1 mm kısa yapılan preparasyonlara kıyasla daha fazla debris ekstrüzyonuna neden olduğunu göstermiştir (Myers ve Montgomery, 1991; Siskin, Martin, ve ark., 1982). Apikal forameni açık tutmak ve çalışma boyunun kaybını önlemek amacıyla apikal patensinin sağlanması önerilmektedir. Apikal patensi sağlamak için Cailleateau ve Mullaney çalışma boyundan 1 mm uzun ve genellikle 10 veya 15 numaralı eğelerin kullanımını önermişlerdir (Cailleateau ve Mullaney, 1997). Bu nedenle, çalışmamızda kullanılan dişlerin çalışma boyları apikal foramenden 1 mm koronalde olacak şekilde belirlenmiş, apikal patensinin sağlanamadığı ve kök apeksine ulaşamayan dişler çalışmaya dahil edilmemiştir.

Apikal debris ekstrüzyonunu değerlendiren çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Desai ve Himel, 2009; Boutsoukis ve ark., 2014; Mitchell ve ark., 2011; Ada ve ark., 2023; İnce Yusufoglu ve ark., 2020; Kashikar ve ark., 2023; dos Reis ve ark., 2020) ve bu çalışmalarda farklı deney düzenekleri kullanılmıştır. Ancak dokuların kök kanalında bariyer görevi görmesi, periodontal ligament ve kemik gibi doğal koşulların laboratuvar ortamında tam olarak simüle edilmesini zorlaştırmaktadır. Mitchell ve ark.

çekilmiş dişlerde apikalden taşan solüsyon miktarını ölçmek için görüntü analizine dayalı bir deney düzeneği önermiştir (Mitchell ve ark., 2010). Başka bir çalışmada, nekrotik pulpalı dişlerden ekstrüze olan solüsyon miktarını değerlendirmek amacıyla radyopak bir solüsyon kullanılmıştır (Salzgeber, 1977). Psimma ve ark. ise periodontal doku basıncını simüle etmek için deney düzeneğini distile su ile doldurmuş (Psimma ve ark., 2013) ve NaOCl'nin distile suda oluşturduğu elektrolit derişim farkını kullanarak taşan solüsyon miktarını ölçmüştür. Rodriguez ve ark., apikalden ekstrüze olan solüsyonun miktarını NaOCl'ye m- kreosol ekleyerek spektrofotometre analiz yapmıştır (Rodríguez-Figueroa ve ark., 2014). Benzer şekilde, Azim ve ark. NaOCl'nin taurin ile olan tepkimesinin ürünü olan taurin-monokloramini spektrofotometre ile ölçerek apikalden ekstrüze olan solüsyon miktarını belirlemişlerdir (Azim ve ark., 2018). Hachmeister ve ark., doku direncini taklit etmesi için çiçek köpüğü kullanımını önermiştir (Hachmeister ve ark., 2002). Bu yöntemde dişler çiçek köpüğüne gömülerek taşan solüsyon ve debris miktarı öncesi ve sonrası ağırlık farkı ile ölçülmüştür. Ancak, Altundasar ve ark. bu yöntemin tek başına solüsyon miktarını ölçmede yetersiz kaldığı ve periapikal doku direncini simüle edemediğini bildirmiştir (Altundasar ve ark., 2011). Dos Reis ve ark. ise eppendorf tüplerine doldurdukları agar agar içerisine dişleri yerleştirerek ve ekstrüze olacak solüsyon için boşluk bırakarak deneylerini gerçekleştirmişlerdir (dos Reis ve ark., 2020). Düzeneklerdeki boşluklara taşan solüsyonu micro-BT ile incelemişlerdir, ancak bu yöntemin en büyük dezavantajının agar agarın taşan solüsyon miktarını sınırlandırması olduğunu belirtmişlerdir.

Literatürde apikal debris ekstrüzyonunu değerlendirmek amacıyla en sık tercih edilen yöntem Fairbourn ve ark. tarafından önerilmiş, daha sonra Myers ve Montgomery tarafından modifiye edilerek günümüzde yaygın olarak kullanılan Myers ve Montgomery metodu olarak literatüre geçmiştir (Myers ve Montgomery, 1991). Bu çalışmada da apikal debris ekstrüzyonunu değerlendirmek için bu yöntem kullanılmıştır. Deney düzenekleri incelendiğinde debris toplama haznesi olarak genellikle plastik veya cam kaplar tercih edilmektedir (De-Deus ve ark., 2015; Myers ve Montgomery, 1991). Ancak cam kapların ağırlığının hassas terazinin maksimum taşıma kapasitesini aşabileceği ve ağırlık ölçümünde sapmalara neden olabileceği göz önünde bulundurularak, bu çalışmada eppendorf tüpleri kullanılmıştır. Ayrıca, dişlerde

yapılan preparasyon, irrigasyon ve aktivasyon işlemlerinin sebep olacağı debris ekstrüzyonunun şeffaf tüpte görünüp operatörün tarafsızlığını etkilememesi için tüpler kahverengi şişeye yerleştirilmiştir ve işlemler rubber dam izolasyonu altında gerçekleştirilmiştir.

Dişlerde deneysel işlemler yapılırken eppendorf tüpüne yalnızca debris değil onunla birlikte irrigasyon solüsyonu da taşabilmektedir. Tam kuru debris miktarını doğru hesaplayabilmek için tüpte bulunan sıvının uzaklaştırılması gerekmektedir. Literatürde, bu sıvının uzaklaştırılabilmesi için farklı yöntemler kullanılmıştır. Ruiz-Hubard ve ark. deneylerinde milipor plastik filtreleri kullanarak sıvıyı uzaklaştırmış ve örnekleri 4 dakika boyunca 110°C'deki fırında bekletmiştir (Ruiz-Hubard ve ark., 1987). Al-Omari ve Dummer 1 ay boyunca oda sıcaklığında bekleterek sıvının buharlaşmasını sağlamışlardır (Al-Omari & Dummer, 1995). Tanalp ve arkadaşları ise dondurarak kurutma (liyofilizasyon) yöntemini kullanarak sıvıyı uzaklaştırma işlemini gerçekleştirmişlerdir (Tanalp ve ark., 2006).

Diğer çalışmalarda da çoğunlukla eppendorf tüpleri 68-70°C'de 5-7 gün (Arslan & Kustarci, 2018; Barbosa-Ribeiro ve ark., 2018; Doğanay Yıldız ve ark., 2020) veya 37 °C'de 10-15 gün (Karatas ve ark., 2015; Nevares ve ark., 2015; Yeter ve ark., 2013) bekletilerek sıvının buharlaştırılması sağlanmıştır. Bu çalışmada, dişler deney düzeneğinden çıkarılmadan önce debris artıklarının kök ucunda kalmasının önüne geçebilmek için kökler distile suyla yıkanmış ve kalan artıklar tüp içerisine aktarılmıştır. Ardından, tüplerin ağızları açık şekilde 70°C'de 5 gün boyunca etüvde bekletilmesiyle sıvının tamamen buharlaşması sağlanmıştır.

Apikal debris ekstrüzyonu ile ilgili çalışmalarda irrigasyon için farklı solüsyonlar kullanılmıştır. Fairbourn ve ark., çalışmalarında musluk suyu kullanmış (Fairbourn ve ark., 1987) ancak musluk suyunun saf olmaması ve buharlaştırma işlemi sırasında oluşabilecek tuz kalıntılarının debris ağırlığını etkileyebileceği bildirilmiştir (Fairbourn ve ark., 1987; Soi ve ark., 2015). NaOCl, üstün doku çözebilme yeteneği, güçlü ve geniş spektrumlu antimikrobiyal özelliklerinde dolayı yaygın olarak kullanılan irrigasyon solüsyonudur, Bu nedenle deneysel çalışmalarda da sıklıkla kullanılmaktadır (Sarıılmaz & Keskin, 2018; Silva ve ark., 2016). Ancak NaOCl'un

buharlaştırılması sonrası oluşan sodyum kristalleri, esas debris topluluğuna karışarak net debris miktarının hesaplanmasını engelleyebileceği bildirilmiştir. Bu nedenle, birçok çalışmada irrigasyon solüsyonu olarak distile su kullanılmaktadır (Arslan & Kustarci, 2018; Doğanay Yıldız ve ark., 2020; Karatas ve ark., 2015). Bu tez çalışmasında, deney yönteminin güvenilirliğini artırmak ve irrigasyon solüsyonlarının kristal yapısındaki kalıntılarının apikal debris ekstrüzyonunu etkilemesini önlemek amacıyla irrigasyon solüsyonu olarak distile su kullanılmıştır.

Apikal preparasyonun sonlandırılacağı genişlik, irrigasyon solüsyonunun hareket miktarı, duvarda oluşan kayma gerilimi ve apikal foramende meydana gelen basınç üzerinde etkilidir. Apikal preparasyon boyutunun 25 numaradan büyük olması irrigasyon iğnesinin etkinliğini artırırken, solüsyonun serbest akışını sağlamak kanal duvarı ile iğne arasında yeterli boşluk bulunması gerektiği bildirilmiştir (Boutsioukis ve ark., 2010; Hsieh ve ark., 2007). Apikal preparasyon genişliğinin ne kadar olması gerektiği konusunda kesin bir görüş birliği bulunmamakla birlikte, 35 veya 40 numaraya kadar yapılan şekillendirmelerin pozitif ve negatif basınç sistemlerinde irrigasyon solüsyonunun serbest akışına izin verdiği gösterilmiştir (Hsieh ve ark., 2007). Apikal genişletme arttıkça irrigasyon iğnesinin apikal bölgeye ilerleme miktarı da artmakta, böylece irrigasyon solüsyonunun akış sirkülasyonu daha etkili hale gelmektedir. Irrigasyon etkinliğini artırmak amacıyla, iğnenin apikalin 1-2 mm uzağında konumlandırılabilmesi için apikal preparasyon genişliğinin en az 35 veya 40 numara olması önerilmektedir (Huang ve ark., 2008; Usman ve ark., 2004). Salzgeber ve Brilliant, apikal preparasyon boyutunun 35 olduğu durumda irrigasyon solüsyonunun apikal alana ulaşabildiğini, ancak bu boyutun üzerinde yapılan genişletmelerde periapikal dokulara solüsyonun taşabileceğini belirtmişlerdir (Salzgeber, 1977). Yapılan başka bir çalışmada ultrasonik aktivasyon yapıldığında alp premolar dişlerde apikal çapın '#20' veya '#40' olmasının hem oval hem daire şekilli kanallarda dokunulmamış alan ve kalan pulpa dokusu açısından bir fark bulunmadığı gösterilmiştir (Lee ve ark., 2019). Bundan dolayı bu çalışmanın farklı apikal preparasyon çapları için de yapılması gerekmektedir. Ege sistemlerinin farklı konikliklerde tasarımlarının kullanımıyla ekstrüze olan debris miktarları arasında anlamlı bir fark bulunmadığı bildiren bir çalışma mevcuttur (Silva ve ark., 2016). Bu çalışmada irrigasyon iğnesinin istenilen derinliklerde yerleştirilmesini sağlamak ve

mandibular premolar dişlerin anatomik boyutlarını göz önünde bulundurmak amacıyla tüm örnekler standart boyutu 35/.04 taper ile şekillendirilmiştir.

Literatürde aktivasyon sistemleri ile ilgili yapılan çalışmalarda farklı aktivasyon protokolleri kullanılmış olup, standart bir kullanım protokolü konusunda ortak bir görüş birliği bulunmamaktadır. Bu tez çalışmasında EDDY ve PUI sistemlerinin uçlarının çalışma boyundan 1 ve 2 mm kısa olacak şekilde aktive edilmesinin debris ekstrüzyonu miktarı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışma sonuçları, EDDY ve PUI cihazlarında, uçların çalışma boyundan 1 veya 2 mm uzaklıkta aktive edilmesinin ekstrüze olan debris miktarı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermiştir ($p=0,768$). Bununla birlikte, aktivasyon yöntemi dikkate alınmadan tüm örnekler değerlendirildiğinde, 1 mm uzaklıkta yapılan aktivasyonun, 2 mm uzaklıkta yapılan aktivasyona göre anlamlı derecede daha fazla debris ekstrüze ettiği görülmüştür ($p<0,001$). Ayrıca, EDDY sisteminin, PUI sistemine göre anlamlı derecede daha fazla debris ekstrüze ettiği bulunmuştur ($p<0,001$).

Desai ve Himel, farklı irrigasyon sistemlerinin apikal solüsyon ekstrüzyonu hacmi üzerindeki etkisini, kullanılan ve ekstrüze olan hacim arasındaki yüzdelik fark üzerinden karşılaştırdıkları çalışmalarında, sonik Endoaktivatör cihazını çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde yukarı aşağı hareketlerle kullanmışlardır. Çalışma sonuçları, bu tez çalışmasının bulgularıyla uyumsuz olarak, sonik irrigasyonun, ultrasonik irrigasyon sisteminden daha az apikal debris ekstrüzyonuna sebep olduğunu göstermiştir (Desai ve Himel, 2009). Mitchell ve arkadaşları, farklı apikal boyutlara sahip dişlerde, farklı aktivasyon sistemlerinin apikal debris ekstrüzyonuna etkisini agar jeldeki renklenmeye bağlı görüntü analiziyle inceledikleri çalışmada, PUI ucunu çalışma boyundan 1 mm ve Endoaktivatör ucunu çalışma boyundan 2 mm kısa 30 saniye aktive ederek kullandıkları çalışmalarında sonik irrigasyon, ultrasonik irrigasyon sisteminden daha az apikal debris ekstrüzyonuna sebep olmuştur (Mitchell ve ark., 2011). Bu tez çalışmasıyla uyumsuz olan bu bulguların sebebi bu iki çalışmada kullanılan deney düzeneklerinin farklı olması, final irrigasyon protokolündeki farklılıklar ve sonik cihaz olarak kullanılan Endoaktivatör'ün EDDY'den daha düşük olan frekansa sahip olması etkili olabilir.

Boutsioukis ve ark., irrigasyon iğnesinin tipi, yerleştirilme derinliği, irrigant akış hızı, irrigasyon aktivasyon tekniklerinin apikal irrigant ekstrüzyonuna olan etkisini, deney düzeneğindeki solüsyonun iletkenliğini ölçüp bir kalibrasyon eğrisi ile ekstrüze olan solüsyon hacmine dönüştürerek inceledikleri ve çekilmiş 32 adet çekilmiş tek köklü çekilmiş dişini dahil ettikleri bir çalışma yapmışlardır (Boutsioukis ve ark., 2014). Bu çalışmada irrigasyon iğnesinin çalışma boyundan 1 ve 3 mm uzaklıkta konumlandırılmasıyla apikal debris miktarını karşılaştırılmıştır ve iğnenin çalışma boyundan 1 mm kısa yerleştirilmesiyle apikalden taşan debris miktarının daha fazla olduğu görülmüştür (Boutsioukis vd., 2014). Ayrıca ultrasonik ve Endoaktivatör irrigasyon cihazları, çalışma boyundan 1 ve 3 mm uzaklıkta konumlandırılmış ve 10 saniye boyunca aktive edilmiştir. Sonuçlar, farklı derinliklerin ve aktivasyon yöntemlerinin apikal irrigant ekstrüzyonu üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Bu tez çalışmasında derinlik farkının anlamlı bir farka sebep olmaması yönünden uyumlu sonuçlar ortaya çıkmıştır ancak irrigasyon aktivasyon yöntemi açısından sonuçlar uyumlu değildir. Bu tez çalışmasında, aktivasyon derinliğinin anlamlı bir fark oluşturmaması yönünden literatürle uyumlu sonuçlar elde edilememiştir. Ancak, irrigasyon aktivasyon yöntemleri açısından farklı sonuçlar gözlenmiştir. Bu farklılıkların, Boutsioukis ve ark. çalışmasında 10 saniyelik irrigasyon periyodunun sonunda biriken irrigant miktarının ölçüm cihazının tespit sınırının altında kalmasıyla hatalı sonuçlar elde edilmesi ve kullanılan örnek sayısının sınırlı olmasıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Ada ve ark., farklı irrigasyon sistemlerinin apikal debris ekstrüzyonu üzerine etkisini Myers Montgomery yöntemi kullanarak incelendiği çalışmada PUI ve Endoaktivatör cihaz uçları çalışma boyunun 1 mm kısa olacak şekilde yerleştirilerek aktive etmişlerdir. Bu çalışmanın bulgularına paralel olarak, sonik sistemin PUI sistemine kıyasla anlamlı derecede daha fazla debris ekstrüze ettiği tespit edilmiştir (Ada ve ark., 2023).

EDDY, 5000-6000 Hz aralığında kullanımı önerilen sonik bir aktivasyon cihazıdır. Üretici firma EDDY'nin üç yönlü hareketle çalışması ve esnek ucu sayesinde ultrasonik uçlara kıyasla hareket kısıtlaması olmaksızın kök kanallarında etkili bir temizlik sağladığını ve meydana getirdiği sonik patlamalarla dentinde

kavitasyon ve akustik akış oluşturabildiğini bildirmektedir. EDDY ve PUI sistemlerinin karşılaştırıldığı birçok çalışma yapılmıştır ve kök kanallarına daha kolay uyumlanmasından dolayı EDDY, PUI'den daha avantajlı bulunmuştur (İnce Yusufoglu ve ark., 2020; Neuhaus ve ark., 2016; Urban ve ark., 2017).

İnce Yusufoglu ve ark. tarafından yapılan aktivasyon sistemlerinin apikal debris ekstrüzyonu miktarına olan etkisinin incelendiği çalışmada, 10–20° eğime sahip dişler kullanılarak EDDY çalışma boyundan 2 mm, PUI sistemi ise 1 mm uzaklıkta konumlandırılarak aktivasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir (İnce Yusufoglu ve ark., 2020). Bu tez çalışmasıyla uyumlu olarak, EDDY'nin PUI'dan istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha fazla debris ekstrüze ettiği görülmüştür (İnce Yusufoglu ve ark., 2020). Her iki çalışmada da benzer eğime sahip dişlerin kullanılmış olması, sonuçların örtüşmesini destekleyen bir unsur olabilir. PUI ucunun eğimli kanalda serbest titreşim hareketinin sınırlanması, akustik akış yoğunluğunun azalmasına (Amato ve ark., 2011) ve dolayısıyla daha az debris ekstrüzyonuna yol açmış olabilir. Öte yandan, EDDY'nin sahip olduğu üç boyutlu hareket, yüksek frekansı ve esnek ucu bir araya gelip bu çalışmada daha fazla debris ekstrüzyonuna sebep olduğu düşünülmektedir.

Kashikar ve ark., tarafından yapılan, dişlerin agar jele gömülerek apikal bölgedeki pH değişimleri üzerinden farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin NaOCl ekstrüzyonuna olan etkisinin değerlendirildiği çalışmada, sonik ve PUI arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır (Kashikar ve ark., 2023). Bu tez çalışmasıyla uyumsuzluğun sebebi farklı yöntemlerle ekstrüzyon miktarlarının değerlendirilmesi, standart bir aktivasyon derinliğinin belirtilmemesi ve sonik cihaz olarak EDDY'den daha düşük frekansa sahip Endoaktivatör'ün etkisi olabilir.

Öte yandan Dos Reis ve ark. tarafından yapılan solüsyon ekstrüzyonu çalışmasında, EDDY'nin PUI'e kıyasla daha fazla solüsyon ekstrüze ettiği raporlanmıştır (dos Reis ve ark., 2020). EDDY cihazının geniş salınımlı hareketi, kavitasyonla beraber akustik akışı yoğunlaştırmasından dolayı daha fazla ekstrüzyon yapmasına neden olmuş olabilir. Ayrıca, EDDY uçlarının konikliğinin pasif ultrasonik uçlarından daha fazla olması, irrigantın koronal yönde geri çıkışını engelleyerek ekstrüzyon miktarını artırmış olabilir.

Tasdemir ve ark. tarafından yapılan çalışmada, kök kanal preparasyonu sonrası ultrasonik aktivasyonun pasif şekilde gerçekleştirildiği durumda, PUI ucunun sert metal yapısı nedeniyle kanal hareket kısıtlılığına neden olduğu ve bu durumun irrigasyon solüsyonunun apikalden ekstrüzyon riskini azalttığı bildirilmiştir (Tasdemir ve ark., 2008). Parkar ve ark. ise PUI ucunun uzunluğu boyunca düğüm ve karşı düğüm oluşturarak enine titreşimler meydana getirdiğini ve bunun da irrigasyon solüsyonunun koronal yönde yönlenmesini sağlayarak apikal debris ekstrüzyonunu azaltabileceğini raporlamışlardır (Parkar ve ark., 2024).

Bu tez çalışmasının bazı limitasyonları bulunmaktadır. Bu çalışmada, laboratuvar ortamında gerçekleştirilen in-vitro bir tasarım kullanılmış olup, bu durum, sonuçların klinik ortamda birebir genellenebilirliğini sınırlamaktadır. Sadece tek köklü mandibular premolar dişlerin kullanılması, sonuçların farklı diş tipleri ve daha karmaşık kanal anatomileri için genellemesini de sınırlandırmıştır. Ayrıca bu çalışmada yalnızca apikal debris ekstrüzyonu değerlendirilmiş, apikalden taşan irrigasyon solüsyonu miktarı ise gözardı edilmiştir. Ayrıca bu çalışmanın doğası gereği NaOCl, EDTA gibi irrigasyon solüsyonlarının kullanılmaması bir limitasyondur. Bu limitasyonlar göz önünde bulundurulduğunda, irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin farklı derinliklerdeki etkinliğini daha kapsamlı değerlendiren çalışmalara ihtiyaç olduğunu düşünmekteyiz,

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Matür dişlerde kök kanal tedavileri sırasında kullanılan EDDY ve PUI aktivasyon cihazlarının farklı yerleştirilme derinliklerinde yerleştirilip bu değişkenlerin apikalden taşan debris miktarı üzerine etkilerinin incelendiği çalışmamız dahilinde ulaştığımız sonuçlar ve öneriler aşağıda derlenmiştir:

1. Çalışmamızda bütün gruplardaki örneklerde debris ekstrüzyonu görülmüştür.
2. Aktivasyon sistemleri karşılaştırıldığında EDDY ile aktivasyon yapılan örneklerde taşan debris miktarı PUI sistemine göre anlamlı olarak daha fazla bulunmuştur.
3. T Aktivasyon sistemi ayırt etmeksizin kontrol grubu da dahil edilerek örnekler ele alındığında apeksten 1 mm uzaklıkta yapılan aktivasyon işleminin apeksten 2 mm uzaklıkta yapılan aktivasyon işlemine oranla anlamlı şekilde daha fazla debris taşıdığı görülmüştür.
4. Ancak aktivasyon sistem gruplarının kendi içinde iki farklı derinlikte aktivasyon yapılmasının taşan debris miktarına etkisinde anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. EDDY ucunun apeksten 1 veya 2 mm uzaklıkta yerleştirilmesi ve PUI ucunun apeksten 1 veya 2 mm uzaklıkta yerleştirilmesi arasında anlamlı bir sonuç bulunamamıştır.

KAYNAKLAR

- Abbott PV, Heijkoop PS, Cardaci SC, Hume WR, Heithersay GS. An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *Int Endod J.* 1991;24(6):308-316.
- Ada KS, Shetty S, Jayalakshmi KB, Nadig PL, Manje Gowda PG, Selvan AK. Influence of different irrigant activation methods on apical debris extrusion and bacterial elimination from infected root canals. *J Conserv Dent.* 2023;26(1):31-35.
- Adcock JM, Sidow SJ, Looney SW, et al. Histologic evaluation of canal and isthmus debridement efficacies of two different irrigant delivery techniques in a closed system. *J Endod.* 2011;37(4):544-548.
- Alacam T. (2012). Endodonti, (ikinci baskı). Ankara: Özyurt Matbaacılık, 530, 842.
- Ali Mozayeni M, Hossein Javaheri G, Poorroosta P, Asna Ashari M, Hossein Javaheri H. Effect of 17% EDTA and MTAD on intracanal smear layer removal: A scanning electron microscopic study. *Aust Endod J.* 2009;35(1):13-7.
- Altundasar E, Nagas E, Uyanik O, Serper A. Debris and irrigant extrusion potential of 2 rotary systems and irrigation needles. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011 Oct;112(4):e31-5.
- Al-Omari MA, Dummer PM. Canal blockage and debris extrusion with eight preparation techniques. *J Endod.* 1995 Mar;21(3):154-8.
- Al-Ali M, Sathorn C, Parashos P. Root canal debridement efficacy of different final irrigation protocols. *Int Endod J.* 2012 Oct;45(10):898-906.
- Al-Hadlaq SM, Al-Turaiki SA, Al-Sulami U, Saad AY. Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2006 Dec;32(12):1181-4.
- Amato M, Vanoni-Heineken I, Hecker H, Weiger R. Curved versus straight root canals: the benefit of activated irrigation techniques on dentin debris removal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011; 111: 529– 34.
- Arias-Moliz MT, Ordinola-Zapata R, Baca P, Ruiz-Linares M, Ferrer-Luque CM. Antimicrobial activity of a sodium hypochlorite/etidronic acid irrigant solution. *J Endod.* 2014 Dec;40(12):1999-2002.
- Arslan D, Kustarci A. Efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming on apically extruded debris with different preparation systems in curved canals. *Int Endod J.* 2018;51 Suppl 1:e65-e72.
- Azim AA, Aksel H, Margaret Jefferson M, Huang GT. Comparison of sodium hypochlorite extrusion by five irrigation systems using an artificial root socket model and a quantitative chemical method. *Clin Oral Investig.* 2018 Mar;22(2):1055-1061.
- Azim AA, Azim KA, Abbott PV. Prevalence of inter-appointment endodontic flare-ups and host-related factors. *Clin Oral Investig.* 2017;21(3):889-894.
- Baker NE, Liewehr FR, Buxton TB, Joyce AP. Antibacterial efficacy of calcium hydroxide, iodine potassium iodide, betadine, and betadine scrub with and without surfactant against *E faecalis* in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004 Sep;98(3):359-64.
- Barbosa-Ribeiro M, Arruda-Vasconcelos R, Fabretti FL, Silva EJNL, De-Deus G, Gomes BPF. Evaluation of Apically Extruded Debris Using Positive and Negative Pressure Irrigation Systems in Association with Different Irrigants. *Braz Dent J.* 2018 Mar-Apr;29(2):184-188.
- Bashetty K, Hegde J. Comparison of 2% chlorhexidine and 5.25% sodium hypochlorite

- irrigating solutions on postoperative pain: a randomized clinical trial. *Indian J Dent Res.* 2010;21(4):523-527.
- Basrani, B., & Haapasalo, M. Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic Topics* 2012, 27(1), 74-102.
- Basrani B, Lemonie C. Chlorhexidine gluconate. *Aust Endod J.* 2005 Aug;31(2):48- 52.
- Basrani B, Tjäderhane L, Santos JM, Pascon E, Grad H, Lawrence HP, Friedman S. Efficacy of chlorhexidine- and calcium hydroxide-containing medicaments against *Enterococcus faecalis* in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003 Nov;96(5):618-24.
- Baumgartner JC, Johal S, Marshall JG. Comparison of the antimicrobial efficacy of 1.3% NaOCl/BioPure MTAD to 5.25% NaOCl/15% EDTA for root canal irrigation. *J Endod.* 2007;33(1):48-51.
- Beeson TJ, Hartwell GR, Thornton JD, Gunsolley JC. Comparison of debris extruded apically in straight canals: conventional filing versus profile .04 Taper series 29. *J Endod.* 1998;24(1):18-22.
- Boutsioukis C, Gogos C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Van der Sluis LW. The effect of apical preparation size on irrigant flow in root canals evaluated using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. *Int Endod J.* 2010 Oct;43(10):874-81.
- Boutsioukis, C., Kishen, A. Fluid dynamics of syringe-based irrigation to optimise anti-biofilm efficacy in root-canal disinfection. *Roots* 2012, 2012(4), 22-31.
- Boutsioukis C, Lambrianidis T, Kastrinakis E, Bekiaroglou P. Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles. *Int Endod J.* 2007 Jul;40(7):504-13.
- Boutsioukis C, Psimma Z, Kastrinakis E. The effect of flow rate and agitation technique on irrigant extrusion ex vivo. *Int Endod J.* 2014 May;47(5):487-96.
- Braun A, Kappes D, Krause F, Jepsen S. Efficiency of a novel rinsing device for the removal of pulp tissue in vitro. *Int Endod J.* 2005;38(12), 923-4.
- Bryce G, MacBeth N, Gulabivala K, Ng YL. The efficacy of supplementary sonic irrigation using the EndoActivator[®] system determined by removal of a collagen film from an ex vivo model. *Int Endod J.* 2018 Apr;51(4):489-497.
- Cailleateau JG, Mullaney TP. Prevalence of teaching apical patency and various instrumentation and obturation techniques in United States dental schools. *J Endod.* 1997 Jun;23(6):394-6.
- Cambruzzi JV, Marshall FJ. Molar endodontic surgery. *J Canad Dent Assoc* 1983: 1: 61-66.
- Cameron JA. The effect of ultrasonic endodontics on the temperature of the root canal wall. *J Endod.* 1988 Nov;14(11):554-9.
- Capar ID, Arslan H, Ertas H, Gök T, Saygılı G. Effectiveness of ProTaper Universal retreatment instruments used with rotary or reciprocating adaptive motion in the removal of root canal filling material. *Int Endod J.* 2015 Jan;48(1):79-83.
- Caron G. Cleaning efficiency of the apical millimeters of curved canals using three different modalities of irrigant activation: an SEM study. Paris VII University, Paris, France: Masters thesis; 2007
- Caron G, Nham K, Bronnec F, Machtou P. Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. *J Endod.* 2010 Aug;36(8):1361-6.
- Chan R, Versiani MA, Friedman S, et al. Efficacy of 3 Supplementary Irrigation Protocols in the Removal of Hard Tissue Debris from the Mesial Root Canal System of Mandibular Molars. *J Endod.* 2019;45(7):923-929.

- Cicek, Ersan, et al. "Postoperative pain intensity after using different instrumentation techniques: a randomized clinical study." *Journal of Applied Oral Science* 25 (2017): 20-26.
- Cooke HG 3rd, Cox FL. C-shaped canal configurations in mandibular molars. *J Am Dent Assoc.* 1979;99(5):836-839.
- Cutright DE, Bhaskar SN. Pulpal vasculature as demonstrated by a new method. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1969 May;27(5):678-83.
- Dadhich S, Srivastava H, Raisingani D, Prasad AB, Vijaywargiya S, Moryani V. Comparative Evaluation of Penetration Depth of Irrigants into Root Dentin after Manual Sonic and Ultrasonic Activation using Dye Penetration Method under Light Microscope: An *In Vitro* Study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2023 Nov;16(Suppl 3):253- 257.
- de Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Heilborn C, Cohenca N. Effect of EDTA, sonic, and ultrasonic activation on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals: an in vitro study. *J Endod.* 2009 Jun;35(6):891-5.
- De Moor RJ, Blanken J, Meire M, Verdaasdonk R. Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: evaluation of the efficacy. *Lasers Surg Med.* 2009 Sep;41(7):520-3.
- Desai P, Himel V. Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *J Endod.* 2009;35(4):545-549.
- De-Deus G, Neves A, Silva EJ, Mendonça TA, Lourenço C, Calixto C, Lima EJ. Apically extruded dentin debris by reciprocating single-file and multi-file rotary system. *Clin Oral Investig.* 2015 Mar;19(2):357-61.
- DiVito E, Peters OA, Olivi G. Effectiveness of the erbium:YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers Med Sci.* 2012 Mar;27(2):273-80.
- Doğanay Yıldız E, Dinçer B, Fidan ME. Effect of different laser-assisted irrigation activation techniques on apical debris extrusion. *Acta Odontol Scand.* 2020 Jul;78(5):332-336.
- Donnermeyer D, Wyrsh H, Bürklein S, Schäfer E. Removal of Calcium Hydroxide from Artificial Grooves in Straight Root Canals: Sonic Activation Using EDDY Versus Passive Ultrasonic Irrigation and XPendo Finisher. *J Endod.* 2019 Mar;45(3):322-326.
- Dos Reis S, Cruz VM, Hungaro Duarte MA, da Silveira Bueno CE, Vivan RR, Pelegri RA, Bruno KF, Kato AS. Volumetric Analysis of Irrigant Extrusion in Immature Teeth after Different Final Agitation Techniques. *J Endod.* 2020 May;46(5):682-687.
- Ehrmann EH, Messer HH, Adams GG. The relationship of intracanal medicaments to postoperative pain in endodontics. *Int Endod J.* 2003;36(12):868-875.
- Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spanó JC, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J.* 2002;13(2):113-117.
- Estrela C, Rabelo LE, de Souza JB, et al. Frequency of Root Canal Isthmi in Human Permanent Teeth Determined by Cone-beam Computed Tomography. *J Endod.* 2015;41(9):1535-1539.
- Eyuboglu TF, Özcan M. Postoperative pain intensity associated with the use of different nickel-titanium shaping systems during single-appointment endodontic retreatment: a randomized clinical trial. *Quintessence Int.* 2019;50(8):624-634.
- Fairbourn DR, McWalter GM, Montgomery S. The effect of four preparation techniques on the amount of apically extruded debris. *J Endod.* 1987 Mar;13(3):102- 8.
- Figini L, Lodi G, Gorni F, Gagliani M. Single versus multiple visits for endodontic

- treatment of permanent teeth: a Cochrane systematic review. *J Endod.* 2008;34(9):1041-1047.
- Gambarini, Gianluca, et al. "Incidence and intensity of postoperative pain and periapical inflammation after endodontic treatment with two different instrumentation techniques." *European Journal of Inflammation* 10.1 (2012): 99-103.
- Garcia-Font M, Durán-Sindreu F, Morelló S, et al. Postoperative pain after removal of gutta-percha from root canals in endodontic retreatment using rotary or reciprocating instruments: a prospective clinical study. *Clin Oral Investig.* 2018;22(7):2623-2631.
- Gazzaneo I, Vieira GCS, Pérez AR, et al. Root Canal Disinfection by Single- and Multiple-instrument Systems: Effects of Sodium Hypochlorite Volume, Concentration, and Retention Time. *J Endod.* 2019;45(6):736-741.
- George R, Meyers IA, Walsh LJ. Laser activation of endodontic irrigants with improved conical laser fiber tips for removing smear layer in the apical third of the root canal. *J Endod.* 2008;34(12):1524-1527.
- Giardino L, Ambu E, Savoldi E, Rimondini R, Cassanelli C, Debbia EA. Comparative evaluation of antimicrobial efficacy of sodium hypochlorite, MTAD, and Tetraclean against *Enterococcus faecalis* biofilm. *J Endod.* 2007;33(7):852-855.
- Gondim E Jr, Setzer FC, Dos Carmo CB, Kim S. Postoperative pain after the application of two different irrigation devices in a prospective randomized clinical trial. *J Endod.* 2010;36(8):1295-1301.
- Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod.* 2009 Jun;35(6):791-804.
- Haapasalo M, Inventor: The University Of British Columbia, assignee. Composition and method for irrigation of a prepared dental root canal. USA, 2008.
- Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am.* 2010 Apr;54(2):291-312.
- Haapasalo M, Wang Z, Shen Y, Curtis A, Patel P, Khakpour M. Tissue dissolution by a novel multisonic ultracleaning system and sodium hypochlorite. *J Endod.* 2014 Aug;40(8):1178-81.
- Hachmeister DR, Schindler WG, Walker WA 3rd, Thomas DD. The sealing ability and retention characteristics of mineral trioxide aggregate in a model of apexification. *J Endod.* 2002 May;28(5):386-90.
- Hauman CH, Love RM. Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 1. Intracanal drugs and substances. *Int Endod J.* 2003 Feb;36(2):75-85.
- Hauser V, Braun A, Frentzen M. Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo). *Int Endod J.* 2007 Aug;40(8):644- 52.
- Hargreaves KM, Imai HB, Rotstein I (2016). *Cohen's Pathways of the Pulp*, 11th ed. Elsevier.
- Haznedaroğlu F, Ersev H, Odabaşı H, Yetkin G, Batur B, Aşçı S, İşsever H. Incidence of patent furcal accessory canals in permanent molars of a Turkish population. *Int Endod J.* 2003 Aug;36(8):515-9.
- Hsieh YD, Gau CH, Kung Wu SF, Shen EC, Hsu PW, Fu E. Dynamic recording of irrigating fluid distribution in root canals using thermal image analysis. *Int Endod J.* 2007 Jan;40(1):11-7.
- Huang TY, Gulabivala K, Ng YL. A bio-molecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *Int Endod J.* 2008 Jan;41(1):60-71.

- Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J.* 2003 Dec;36(12):810-30.
- Hülsmann, Michael, Ove A. Peters, and Paul MH Dummer. "Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means." *Endodontic topics* 10.1 (2005): 30-76.
- Iqbal M, Chan S, Ku J. Relative frequency of teeth needing conventional and surgical endodontic treatment in patients treated at a graduate endodontic clinic--a Penn Endo database study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008 Jul;106(1):e62-7.
- Iqbal M, Kurtz E, Kohli M. Incidence and factors related to flare-ups in a graduate endodontic programme. *Int Endod J.* 2009;42(2):99-104.
- İnce Yusufoglu S, Keskin NB, Sarıcam E, Bozkurt DA. Comparison of apical debris extrusion using EDDY, passive ultrasonic activation and photon-initiated photoacoustic streaming irrigation activation devices. *Aust Endod J.* 2020 Dec;46(3):400-404.
- Kahn FH, Rosenberg PA, Gliksberg J. An in vitro evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonic and subsonic handpieces and irrigating needles and probes. *J Endod.* 1995 May;21(5):277-80.
- Karatas E, Ozsu D, Arslan H, Erdogan AS. Comparison of the effect of nonactivated self-adjusting file system, Vibringe, EndoVac, ultrasonic and needle irrigation on apical extrusion of debris. *Int Endod J.* 2015 Apr;48(4):317-22.
- Karataslioglu E, Arslan H, Er G, Avci E. Influence of canal curvature on the amount of apically extruded debris determined by using three-dimensional determination method. *Aust Endod J.* 2019 Aug;45(2):216-224.
- Kara Tuncer A, Unal B. Comparison of sealer penetration using the EndoVac irrigation system and conventional needle root canal irrigation. *J Endod.* 2014 May;40(5):613-7.
- Kashikar RR, Hindlekar A, Jadhav GR, Mittal P, Mukherjee P. Comparative evaluation of four different root canal irrigation techniques for apical extrusion of sodium hypochlorite - An *in vitro* study. *J Conserv Dent Endod.* 2023;26(4):424- 428.
- Keir DM, Senia ES, Montgomery S. Effectiveness of a brush in removing postinstrumentation canal debris. *J Endod.* 1990;16(7):323-327.
- Koulaouzidou EA, Margelos J, Beltes P, Kortsaris AH. Cytotoxic effects of different concentrations of neutral and alkaline EDTA solutions used as root canal irrigants. *J Endod.* 1999 Jan;25(1):21-3.
- Kumar S, Desai K, Palekar A, Biradar B, Chatterjee A, Kumari K. Comparison of the Efficacy of CanalBrush, EndoActivator, and Passive Ultrasonic Irrigation on the Removal of Triple Antibiotic Paste from Root Canal Walls: An *In Vitro* Study. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2020;10(4):424-430.
- Kum KY, Spängberg L, Cha BY, Il-Young J, Msd, Seung-Jong L, Chan-Young L. Shaping ability of three ProFile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canals. *J Endod.* 2000 Dec;26(12):719-23.
- Lee OYS, Khan K, Li KY, Shetty H, Abiad RS, Cheung GSP, Neelakantan P. Influence of apical preparation size and irrigation technique on root canal debridement: a histological analysis of round and oval root canals. *Int Endod J.* 2019 Sep;52(9):1366-1376.
- Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J.* 2004 Oct;37(10):672-8.
- Leonardi LE, Atlas DM, Raiden G. Apical extrusion of debris by manual and

- mechanical instrumentation. *Braz Dent J.* 2007;18(1):16-9.
- Lim KC, Webber J. The validity of simulated root canals for the investigation of the prepared root canal shape. *Int Endod J.* 1985 Oct;18(4):240-6.
- Macedo R, Verhaagen B, Rivas DF, Versluis M, Wesselink P, van der Sluis L. Cavitation measurement during sonic and ultrasonic activated irrigation. *J Endod.* 2014;40(4):580-583.
- Ma J, Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. A new noninvasive model to study the effectiveness of dentin disinfection by using confocal laser scanning microscopy. *J Endod.* 2011 Oct;37(10):1380-5.
- Marroquín BB, El-Sayed MA, Willershausen-Zönnchen B. Morphology of the physiological foramen: I. Maxillary and mandibular molars. *J Endod.* 2004;30(5):321-328.
- McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL. 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. *Int Endod J.* 2008 Jul;41(7):602-8.
- Mehdipour O, Kleier DJ, Averbach RE. Anatomy of sodium hypochlorite accidents. *Compend Contin Educ Dent.* 2007 Oct;28(10):544-6, 548, 550.
- Merino A, Estevez R, de Gregorio C, Cohenca N. The effect of different taper preparations on the ability of sonic and passive ultrasonic irrigation to reach the working length in curved canals. *Int Endod J.* 2013 May;46(5):427-33.
- Metin R, Tatli U, Evlice B. Effects of low-level laser therapy on soft and hard tissue healing after endodontic surgery. *Lasers Med Sci.* 2018;33(8):1699-1706.
- Metzger Z, Teperovich E, Zary R, Cohen R, Hof R. The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy--a new concept of endodontic files and its implementation. *J Endod.* 2010 Apr;36(4):679-90.
- Middha M, Sangwan P, Tewari S, Duhan J. Effect of continuous ultrasonic irrigation on postoperative pain in mandibular molars with nonvital pulps: a randomized clinical trial. *Int Endod J.* 2017;50(6):522-530.
- Mitchell RP, Baumgartner JC, Sedgley CM. Apical extrusion of sodium hypochlorite using different root canal irrigation systems. *J Endod.* 2011 Dec;37(12):1677-81.
- Mitchell RP, Yang SE, Baumgartner JC. Comparison of apical extrusion of NaOCl using the EndoVac or needle irrigation of root canals. *J Endod.* 2010 Feb;36(2):338-41.
- Mjör IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J.* 2001 Jul;34(5):346-53.
- Mohammadi Z, Abbott PV. Antimicrobial substantivity of root canal irrigants and medicaments: a review. *Aust Endod J.* 2009;35(3):131-139.
- Mohammadi Z. MTAD: a review of a promising endodontic irrigant. *N Y State Dent J.* 2012;78(5):47-53.
- Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *Int Dent J* 2008; 58:329.
- Molina B, Glickman G, Vandrangi P, Khakpour M. Evaluation of Root Canal Debridement of Human Molars Using the GentleWave System. *J Endod.* 2015;41(10):1701-1705.
- Mostafa MEHAA, El-Shrief YAI, Anous WIO, et al. Postoperative pain following endodontic irrigation using 1.3% versus 5.25% sodium hypochlorite in mandibular molars with necrotic pulps: a randomized double-blind clinical trial. *Int Endod J.* 2020;53(2):154-166.
- Myers GL, Montgomery S. A comparison of weights of debris extruded apically by conventional filing and Canal Master techniques. *J Endod.* 1991 Jun;17(6):275-

9.

- Nair M, Rahul J, Devadathan A, Mathew J. Incidence of Endodontic Flare-ups and Its Related Factors: A Retrospective Study. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2017;7(4):175-179.
- Nair PN. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Int Endod J.* 2006;39(4):249-281.
- Naoum HJ, Chandler NP. Temporization for endodontics. *Int Endod J.* 2002;35(12):964-978.
- Neelakantan P, Varughese AA, Sharma S, Subbarao CV, Zehnder M, De-Deus G. Continuous chelation irrigation improves the adhesion of epoxy resin-based root canal sealer to root dentine. *Int Endod J.* 2012;45(12):1097-102.
- Neuhaus KW, Liebi M, Stauffacher S, Eick S, Lussi A. Antibacterial Efficacy of a New Sonic Irrigation Device for Root Canal Disinfection. *J Endod.* 2016 Dec;42(12):1799-1803.
- Nevares G, Xavier F, Gominho L, et al. Apical Extrusion of Debris Produced during Continuous Rotating and Reciprocating Motion. *ScientificWorldJournal.* 2015;2015:267264.
- Nielsen BA, Craig Baumgartner J. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *J Endod.* 2007 May;33(5):611-5.
- Niu W, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *Int Endod J.* 2002 Nov;35(11):934-9.
- Onay EO, Ungor M, Yazici AC. The evaluation of endodontic flare-ups and their relationship to various risk factors. *BMC Oral Health.* 2015;15(1):142.
- O'Connell MS, Morgan LA, Beeler WJ, Baumgartner JC. A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *J Endod.* 2000 Dec;26(12):739- 43.
- Paqué F, Balmer M, Attin T, Peters OA. Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study. *J Endod.* 2010 Apr;36(4):703-7.
- Parkar A, Banga KS, Pawar AM, Luke AM. Extrusion of Sodium Hypochlorite in Oval-Shaped Canals: A Comparative Study of the Potential of Four Final Agitation Approaches Employing Agarose-Embedded Mandibular First Premolars. *J Clin Med.* 2024;13(10):2748. Published 2024 May 7.
- Park SY, Kang MK, Choi HW, Shon WJ. Comparative Analysis of Root Canal Filling Debris and Smear Layer Removal Efficacy Using Various Root Canal Activation Systems during Endodontic Retreatment. *Medicina (Kaunas).* 2020;56(11):615. Published 2020 Nov 16.
- Pasqualini D, Mollo L, Scotti N, et al. Postoperative pain after manual and mechanical glide path: a randomized clinical trial [published correction appears in *J Endod.* 2012 Mar;38(3):356]. *J Endod.* 2012;38(1):32-36.
- Pasricha SK, Makkar S, Gupta P. Pressure alteration techniques in endodontics- a review of literature. *J Clin Diagn Res.* 2015;9(3):ZE01-ZE6.
- Peters OA, Bardsley S, Fong J, Pandher G, Divito E. Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *J Endod.* 2011 Jul;37(7):1008-12.
- Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J.* 2001 Apr;34(3):221-30.
- Plotino G, Grande NM, Mercade M, et al. Efficacy of sonic and ultrasonic irrigation devices in the removal of debris from canal irregularities in artificial root canals. *J Appl Oral Sci.* 2019;27:e20180045. Published 2019 Jan 7.

- Psimma Z, Boutsoukias C, Kastrinakis E, Vasiliadis L. Effect of needle insertion depth and root canal curvature on irrigant extrusion ex vivo. *J Endod.* 2013 Apr;39(4):521-4.
- Ramamoorthi S, Nivedhitha MS, Divyanand MJ. Comparative evaluation of postoperative pain after using endodontic needle and EndoActivator during root canal irrigation: A randomised controlled trial. *Aust Endod J.* 2015;41(2):78-87.
- Richman MJ. "The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection." *J Dent Med* 12 (1957): 12-18.
- Ricucci D, Siqueira JF Jr, Bate AL, Pitt Ford TR. Histologic investigation of root canal-treated teeth with apical periodontitis: a retrospective study from twenty-four patients. *J Endod* 2009;35:493–502.
- Rodríguez-Figueroa C, McClanahan SB, Bowles WR. Spectrophotometric determination of irrigant extrusion using passive ultrasonic irrigation, EndoActivator, or syringe irrigation. *J Endod.* 2014 Oct;40(10):1622-6.
- Roggendorf MJ, Kraus F, Lohbauer U, Frankenberger R, Petschelt A, Ebert J. Apical debris removal of CanalBrushes with different tip modifications. *Quintessence Int* 2015; 46:853-60.
- Ruddle C. Microbrush for Endodontic Use. Washington, Dc: United States Patent 6, 2001; 179,617.
- Ruddle C. (2002) *Pathways of the Pulp.* 8th Ed. St Louis; Mosby, I.p.231-91
- Ruiz-Hubard EE, Gutmann JL, Wagner MJ. A quantitative assessment of canal debris forced periapically during root canal instrumentation using two different techniques. *J Endod.* 1987 Dec;13(12):554-8.
- Salzgeber RM, Brilliant JD. An in vivo evaluation of the penetration of an irrigating solution in root canals. *J Endod.* 1977 Oct;3(10):394-8.
- Sariyilmaz, Evren, and Cangül Keskin. "Apical extrusion of debris and irrigant using XP-Endo Finisher, EndoActivator, passive ultrasonic irrigation or syringe irrigation." *Meandros Medical and Dental Journal* 19.2 (2018).
- Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971 Aug;32(2):271-5.
- Segura-Egea JJ, Cisneros-Cabello R, Llamas-Carreras JM, Velasco-Ortega E. Pain associated with root canal treatment. *Int Endod J.* 2009;42(7):614-620.
- Serefoglu B, Kandemir Demirci G, Miçoogulları Kurt S, Kaşıkçı Bilgi İ, Çalışkan MK. Impact of root canal curvature and instrument type on the amount of extruded debris during retreatment. *Restor Dent Endod.* 2020 Dec 17;46(1):e5.
- Serper A, Calt S, Dogan AL, Guc D, Ozçelik B, Kuraner T. Comparison of the cytotoxic effects and smear layer removing capacity of oxidative potential water, NaOCl and EDTA. *J Oral Sci.* 2001 Dec;43(4):233-8.
- Setlock J, Fayad MI, BeGole E, Bruzick M. Evaluation of canal cleanliness and smear layer removal after the use of the Quantec-E irrigation system and syringe: a comparative scanning electron microscope study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003 Nov;96(5):614-7.
- Shresha R , Shrestha D , Kayastha R . Post-Operative Pain and Associated Factors in Patients Undergoing Single Visit Root Canal Treatment on Teeth with Vital Pulp. *Kathmandu Univ Med J (KUMJ).* 2018;16(62):220-223.
- Silva EJ, Teixeira JM, Kudsi N, Sassone LM, Krebs RL, Coutinho-Filho TS. Influence of Apical Preparation Size and Working Length on Debris Extrusion. *Braz Dent J.* 2016 Jan-Feb;27(1):28-31.
- Silva PB, Krolow AM, Pilownic KJ, Casarin RP, Lima RK, Leonardo Rde T, Pappen FG. Apical Extrusion of Debris and Irrigants Using Different Irrigation Needles.

- Braz Dent J. 2016 Mar-Apr;27(2):192-5.
- Singh RD, Khatter R, Bal RK, Bal CS. Intracanal medications versus placebo in reducing postoperative endodontic pain--a double-blind randomized clinical trial. *Braz Dent J.* 2013;24(1):25-29.
- Siqueira Jr, J. F., and F. J. E. T. Barnett. "Interappointment pain: mechanisms, diagnosis, and treatment." *Endodontic Topics* 7.1 (2004): 93-109.
- Siqueira JF Jr. Microbial causes of endodontic flare-ups. *Int Endod J.* 2003 Jul;36(7):453-63.
- Siqueira Jr, José F. "Reaction of periradicular tissues to root canal treatment: benefits and drawbacks." *Endodontic Topics* 10.1 (2005): 123-147.
- Siqueira JF Jr, Rôças IN, Favieri A, Lima KC. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod.* 2000;26(6):331-334.
- Siqueira JF Jr, Rôças IN, Favieri A, Machado AG, Gahyva SM, Oliveira JC, Abad EC. Incidence of postoperative pain after intracanal procedures based on an antimicrobial strategy. *J Endod.* 2002(a) Jun;28(6):457-60.
- Siqueira JF Jr, Rôças IN, Lopes HP. Patterns of microbial colonization in primary root canal infections. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002(b);93:174-178.
- Siskin, M, Martin H, Cunningham WT. The effect of endosonic and hand manipulation on the amount of root canal material extruded. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982 Jun;53(6):611-3.
- Soi S, Yadav S, Sharma S, Sharma M. In Vitro Comparison of Apically Extruded Debris during Root Canal Preparation of Mandibular Premolars with Manual and Rotary Instruments. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2015 Summer;9(3):131-7.
- Stojcic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod.* 2010;36(9):1558-62.
- Susila A, Minu J. Activated Irrigation vs. Conventional non-activated Irrigation in Endodontics - A Systematic Review. *Eur Endod J.* 2019;4(3):96-110.
- Tanalp J, Güngör T. Apical extrusion of debris: a literature review of an inherent occurrence during root canal treatment. *Int Endod J.* 2014 Mar;47(3):211-21.
- Tanalp J, Kaptan F, Sert S, Kayahan B, Bayırlı G. Quantitative evaluation of the amount of apically extruded debris using 3 different rotary instrumentation systems. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006 Feb;101(2):250-7.
- Tasdemir T, Er K, Celik D, Yildirim T. Effect of passive ultrasonic irrigation on apical extrusion of irrigating solution. *Eur J Dent.* 2008 Jul;2(3):198-203.
- Tinaz AC, Alacam T, Uzun O, Maden M, Kayaoglu G. The effect of disruption of apical constriction on periapical extrusion. *J Endod.* 2005;31(7):533-535.
- Topçuoğlu HS, Üstün Y, Akpek F, Aktı A, Topçuoğlu G. Effect of coronal flaring on apical extrusion of debris during root canal instrumentation using single-file systems. *Int Endod J.* 2016 Sep;49(9):884-889.
- Topçuoğlu HS, Topçuoğlu G, Arslan H. The Effect of Apical Positive and Negative Pressure Irrigation Methods on Postoperative Pain in Mandibular Molar Teeth with Symptomatic Irreversible Pulpitis: A Randomized Clinical Trial. *J Endod.* 2018;44(8):1210-1215.
- Topçuoğlu HS, Topçuoğlu G, Arslan H. The Effect of Different Irrigation Agitation Techniques on Postoperative Pain in Mandibular Molar Teeth with Symptomatic Irreversible Pulpitis: A Randomized Clinical Trial. *J Endod.* 2018;44(10):1451-

- 1456.
- Topçuoğlu HS, Zan R, Akpek F, Topçuoğlu G, Uluşan Ö, Aktı A, Düzgün S, Ağırnaşlıgil M. Apically extruded debris during root canal preparation using Vortex Blue, K3XF, ProTaper Next and Reciproc instruments. *Int Endod J*. 2016 Dec;49(12):1183-1187.
- Udoye Ch, A.E., 2010. Flare- up incidence and related factors in adults. *J. Dent. Oral Hyg*. 2010 (2), 19–22.
- Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Investig*. 2017 Dec;21(9):2681-2687.
- Usman N, Baumgartner JC, Marshall JG. Influence of instrument size on root canal debridement. *J Endod*. 2004 Feb;30(2):110-2.
- van der Sluis LW, Gambarini G, Wu MK, Wesselink PR. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J*. 2006 Jun;39(6):472-6.
- van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J*. 2007;40(6):415-426.
- van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. *Int Endod J*. 2005;38(10):764-768.
- Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984;58:589–599.
- Vertucci, Frank J. "Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures." *Endodontic topics* 10.1 (2005): 3-29.
- Vertucci FJ, Williams RG. Furcation canals in the human mandibular first molar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1974;38(2):308-314.
- Vivan RR, Bortolo MV, Duarte MA, Moraes IG, Tanomaru-Filho M, Bramante CM. Scanning Electron Microscopy Analysis of Rinsendo System and Conventional Irrigation for Debris Removal. *Braz Dent J*. 2010;21:305-9.
- Walker TL, del Rio CE. Histological evaluation of ultrasonic and sonic instrumentation of curved root canals. *J Endod*. 1989 Feb;15(2):49-59.
- Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG. Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *J Endod*. 2002 Dec;28(12):837-9.
- Walton, R.E., 2002. Interappointment flare-ups: incidence, related factors, prevention, and management. *Endodontic Topics* 3, 67 76.
- Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Effectiveness of endodontic disinfecting solutions against young and old *Enterococcus faecalis* biofilms in dentin canals. *J Endod*. 2012 Oct;38(10):1376-9.
- Weise M, Roggendorf MJ, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R. Four methods for cleaning simulated lateral extensions of curved root canals: a SEM evaluation. *Int Endod J* 2007;40:991–2.
- Weller RN, Niemczyk SP, Kim S. Incidence and position of the canal isthmus. Part 1. Mesiobuccal root of the maxillary first molar. *J Endod*. 1995 Jul;21(7):380-3.
- Yeter KY, Evcil MS, Ayrancı LB, Ersoy I. Weight of apically extruded debris following use of two canal instrumentation techniques and two designs of irrigation needles. *Int Endod J*. 2013 Sep;46(9):795-9.
- Yılmaz K, Tüfenkçi P, Adıgüzel M. The effects of QMix and EndoActivator on postoperative pain in mandibular molars with nonvital pulps: a randomized clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2019;23(11):4173-4180.

- Yin X, Cheung GS, Zhang C, Masuda YM, Kimura Y, Matsumoto K. Micro- computed tomographic comparison of nickel-titanium rotary versus traditional instruments in C-shaped root canal system. *J Endod.* 2010 Apr;36(4):708-12.
- Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006 May;32(5):389-98.
- Zeng C, Willison J, Meghil MM, Bergeron BE, Cutler CW, Tay FR, Niu L, Ma J. Antibacterial efficacy of an endodontic sonic-powered irrigation system: An in vitro study. *J Dent.* 2018 Aug;75:105-112.

