

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**FARKLI FİNAL İRRİGASYON AKTİVASYON
SİSTEMLERİNİN KANAL İÇİ MEDİKAMENTLERİN
DENTİN TÜBÜL PENETRASYONUNA ETKİSİNİN
KONFOKAL LAZER MİKROSKOP İLE İNCELENMESİ**

Dt. ELİF AKKOL
ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Esin ÖZLEK

Bu araştırma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon
Birimi tarafından TDH-2019-8042 nolu proje olarak desteklenmiştir.

VAN 2020

KABUL VE ONAY

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalında Dt. Elif AKKOL tarafından hazırlanan “*Farklı Final İrrigasyon Aktivasyon Sistemlerinin Kanal İçi Medikamentlerin Dentin Tübül Penetrasyonuna Etkisinin Konfokal Lazer Mikroskop İle İncelenmesi*” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından UZMANLIK TEZİ olarak OY BİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi:08/07/2020

İmza

Doç Dr. Özgür GENÇ ŞEN

Jüri Başkanı

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Esin ÖZLEK

Jüri Üyesi

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Tolga Han EDEBAL

Jüri Üyesi

İmza

Prof. Dr. Gökhan OTO

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimimin ilk gününden itibaren benimle tüm klinik, akademik ve kişisel tecrübesini paylaşmaktan çekinmeyen, hayata dair duruşunu her zaman örnek aldığım, benim için danışman hocadan çok daha fazlası olan sevgili hocam Dr. Öğr. Üyesi Esin ÖZLEK'e,

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgilerinden faydalandığım değerli bölüm hocam Doç Dr. Özgür GENÇ ŞEN'e,

Aynı klinikte çalıştığım ve tanıştığım için mutluluk duyduğum başta Dt. Hüseyin GÜNDÜZ ve Dt. Melike ÇAKIR KIRLI olmak üzere tüm değerli bölüm arkadaşlarıma,

Bu eğitim sürecinde tanıştığım, fakülte içinde ve dışında vakit geçirmekten çok keyif aldığım, her zaman yanımda olan canım arkadaşlarım, Dt. Beyza KARADAĞ NALDEMİR, Dt. Gizem KADI, Dt. Suhan İNAL ve kıdemlim Uzm. Dt. Ali ERDEMİR'e,

Bu eğitim sürecinin tamamında yanımda olamayan ama uzaktan da olsa her zaman desteklerini hissettiğim değerli dostlarım Dt. Şebnur ÖZDÖL METİN ve Dt. Münevver YETİŞGİN'e,

Üniversite hayatım boyunca yanımda olan, uzmanlık alanıma karar vermemde katkısı olan, tüm mutluluklarımı ve sıkıntılarımı paylaşabildiğim değerli dönem arkadaşım Dt. Umutcan DEMİRAL'a,

Hayatım boyunca verdiğim kararlarda beni destekleyen, her zaman daha iyi yerlere gelmemi isteyen ve onlara sahip olduğum için çok şanslı hissettiğim başta annem Seda AKKOL, canım abim ve en yakın arkadaşım Serdar AKKOL ve sevgili babam Mehmet AKKOL olmak üzere değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Akkol E. Farklı Final İrrigasyon Aktivasyon Sistemlerinin Kanal İçi Medikamentlerin Dentin Tübül Penetrasyonuna Etkisinin Konfokal Lazer Mikroskop ile İncelenmesi, V.Y.Y.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Van, 2020. Bu tez çalışmasının amacı; dört farklı final irrigasyon aktivasyon yönteminin iki farklı kanal içi medikamentin dentin tübül penetrasyon derinliğine etkisinin değerlendirilmesidir. Çalışmada kullanılan 96 adet insan mandibular premolar diş kök boyları 12 mm olacak şekilde standardize edilmiştir. Kökler Protaper Next döner eğe sistemiyle X3'e kadar şekillendirilmiş, kök kanalları her eğe değişiminde 2 mL %5,25 NaOCl solüsyonuyla irrigate edilmiştir. Şekillendirilmiş kökler final irrigasyon aktivasyon sistemlerine göre dört gruba ayrılmıştır: Grup 1;EndoActivator, Grup 2;XP-endo Finisher, Grup 3;Pasif ultrasonik irrigasyon, Grup 4;Geleneksel iğne irrigasyonu grubu. Örneklerin final irrigasyonu 5 mL %5,25 NaOCl ve 5 mL %17 EDTA solüsyonunun 1'er dakika boyunca aktive edilmesiyle bitirilmiştir. Her grup yerleştirilecek kanal içi medikamente göre iki alt gruba ayrılmıştır: Alt grup A;Ca(OH)₂ ve Alt grup B;mTAP. %0,1 Rhodamine B eklenmiş Ca(OH)₂ ve mTAP kök kanallarına yerleştirilmiş ve kanal ağızları geçici dolgu materyaliyle kapatılmıştır. 24 saat %100 nemde bekleyen kökler akrilik bloklara sabitlenmiş ve kesit alınması için izomet kesme cihazına bağlanmıştır. Örneklerden; uzun aksa dik olacak şekilde apikalden koronale doğru 2, 5 ve 8 mm uzaklıklarda 1 mm kalınlığında kesitler alınmıştır. 288 kesitten konfokal lazer mikroskop ile 4x büyütmede görüntüler alınmış ve Zeiss LSM Image Browser v.4.2.0 programına aktarılmıştır. Programın imaj araçları yardımıyla dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliği hesaplanmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel analizi three way ANOVA ile yapılmıştır. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda; EndoActivator, XP-endo Finisher ve PUI aktivasyon yöntemlerinin tümünün geleneksel iğne irrigasyonuna göre kanal içi medikamentlerin dentin tübül penetrasyonunu anlamlı düzeyde arttırdığı ($p<0,05$); XP-endo Finisher ile irrigasyon aktivasyonun ise her iki kanal içi medikament için de en yüksek dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliği değerlerini gösterdiği tespit edilmiştir. Koronal bölgede kanal içi medikamentlerin dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliğinin apikal bölgeye göre anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). mTAP Ca(OH)₂'e göre daha yüksek dentin tübül penetrasyon yüzdesi gösterirken ($p<0,05$); maksimum penetrasyon derinliği bakımından kanal içi medikamentler arasında anlamlı düzeyde bir farklılığa rastlanmamıştır ($p=0,948$). Bu çalışmada hiçbir final irrigasyon sisteminin kanal içi medikamentlerin dentin tübül penetrasyonunu %100 sağlamadığı fakat gruplar arasında dentin tübül penetrasyonunu en çok arttıran sistemin XP-endo Finisher eğe olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: EndoActivator, Final irrigasyon aktivasyon, Kanal içi medikament, Konfokal lazer mikroskop, Pasif ultrasonik irrigasyon, XP-endo Finisher,.

ABSTRACT

Akkol E. Evaluation of the Effect of Different Final Irrigation Activation Systems on Dentin Tubule Penetration of Intracanal Medicaments with a Confocal Laser Microscope, Van Yuzuncu Yil University, Department of Endodontology, Speciality Thesis, Van, 2020. Aim of this thesis is to investigate the effects of 4 irrigation activation systems on the depth of dentin tubule penetration of 2 intra-canal medications. Root lengths of 96 human mandibular premolar teeth used in the study were standardized to be 12 mm. Roots were shaped until X3 with the Protaper Next rotary system, and at each file change, the root canals were irrigated with 2 mL of 5.25% NaOCl solution. The shaped roots were divided into four groups according to the final irrigation activation systems: Group 1;EndoActivator, Group 2;XP-endo Finisher, Group 3;passive ultrasonic irrigation Group 4;conventional needle irrigation. Final irrigation for each group was achieved by activating 5 mL 5.25% NaOCl and 17% EDTA solution with activation systems for 1 minute. The roots, whose final irrigation was finished, were divided into two subgroups according to the intracanal medicament; Sub-GroupA;Ca(OH)₂ and Sub-Group B;mTAP. Root canal medicaments were labeled with 0.1% Rhodamine B and applied into the canals using a Lentulo spiral and then the access cavity were closed with temporary filling material. The roots were kept at 100% humidity for 24 hours. Each root was embedded in an acrylic resin block. Transverse sections were made with a slow-speed, water-cooled diamond disc at 2 mm, 5 mm and 8 mm levels from the root apex. Images from 288 sections were taken with a confocal laser microscope at 4x magnification and transferred to Zeiss LSM Image Browser v.4.2.0 program. The dentinal tubule penetration percentage and maximum penetration depth were calculated using the program's image tools. For statistical analysis, we used three-way analysis of variance (ANOVA). Statistical analysis revealed that: all of the EndoActivator, XP-endo Finisher and PUI activation methods significantly increased the dentin tubule penetration of the intracanal medicaments compared to conventional needle irrigation ($p<0,05$); Irrigation activation with XP-endo Finisher was determined to show the highest dentin tubule penetration percentage and maximum penetration depth for both intracanal medicaments. It was also found that dentinal tubule penetration percentage and maximum penetration depth of intracanal medicaments in the coronal region were significantly higher than the apical region ($p<0,05$). While mTAP shows higher dentinal tubule penetration percentage than Ca(OH)₂ ($p<0,05$), no significant difference was found between intracanal medicaments in terms of maximum depth of penetration ($p=0,948$). Here we found that no final irrigation system provided 100% dentinal tubule penetration of the intracanal medicaments, but the XP-endo Finisher file achieved the highest dentin tubule penetration among the groups tested here.

Keywords: Confocal laser microscope, EndoActivator, Final irrigation activation, Intracanal medicament, Passive ultrasonic irrigation, XP-endo Finisher.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	II
TEŞEKKÜR	III
ÖZET	IV
ABSTRACT	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ	IX
TABLolar LİSTESİ	XI
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kök Kanal İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri	3
2.1.1. Manuel Aktivasyon Yöntemleri	4
2.1.2. Mekanik Aktivasyon Yöntemleri	8
2.1.3. Lazerler	18
2.2. Kanal İçi Medikamentler	19
2.2.1. Kanal İçi Medikamentlerin Sınıflandırılması	20
2.3.Kök Kanal Tedavisinde Kullanılan materyallerin Dentin Tübül Penetrasyon Derinliğine Etkisinin İncelendiği Yöntemler	29
2.3.1. Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop (Confocal Laser Scanning Microscope CLSM)	29

3.GEREÇ YÖNTEM	31
3.1. Örneklerin Seçilmesi ve Kök Kanallarının Hazırlanması	31
3.2. Final İrrigasyon Aktivasyon İşlemi	33
3.3. Kök Kanallarına Kanal İçi Medikamentlerin Yerleştirilmesi	35
3.4. Örneklerin hazırlanması	37
3.5. CLSM ile patların dentin tübüllerine penetrasyonunun değerlendirilmesi	37
3.6. İstatiksel Analiz	38
4. BULGULAR	39
4.1. Final İrrigasyon Aktivasyon Sistemlerine Göre Bulgular	43
4.2. Kök Kanal Bölgelerine Göre Bulgular	44
4.3. Kanal içi Medikamentlere Göre Bulgular	44
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	45
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ	81
EKLER	82

SİMGELER VE KISALTMALAR

ark	: arkadaşları
Ca(OH)₂	: Kalsiyum Hidroksit
cfu	: Koloni oluşturan ünit sayısı
CHX	: Klorheksidin
CLSM	: Lazer taramalı konfokal mikroskop
CMCP	: Kafurlu monoklorofenol
CP	: Camphorated phenol
cpm	: Cycles per minute
EDTA	: Etilen Diamin Tetraasetik Asit
Hz	: Hertz
IKI	: Iodine potassium iodide
Micro-CT	: Micro-computed tomography
mL	: Mililitre
mTAP	: Modifiye üçlü antibiyotik patı
N	: Newton
NaOCl	: Sodyum hipoklorit
PIPS	: Fotonla indüklenen foto-akustik akım
PUI	: Pasif ultrasonik irrigasyon
rpm	: Revolutions Per Minute
SAF	: Self Adjusting File
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
UI	: Ultrasonik irrigasyon

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Navitip FX irrigasyon iğnesi	6
Şekil 2. Endobrush fırça ucu	7
Şekil 3. Ruddle Brush döner fırça	8
Şekil 4. EndoActivator sistem	12
Şekil 5. Vibringe sistem	13
Şekil 6. Eddy irrigasyon ucu	13
Şekil 7. RinsEndo cihazı	17
Şekil 8. EndoVac sistem	18
Şekil 9. Çalışmada kullanılan mandibular premolar diş örnekleri	32
Şekil 10. NaOCl/EDTA solüsyon	32
Şekil 11. Protaper Next döner eğe sistemi	32
Şekil 12. X Smart Plus endodontik motor	33
Şekil 13. EndoActivator ve 25/04 polimer uç	33
Şekil 14. XP endo-Finisher eğe	34
Şekil 15. 800 rpm/1 N tork ayarlı endodontik motor	34
Şekil 16. Ultrasonik uç	34
Şekil 17. VDW Ultra ultrasonik cihaz	34
Şekil 18. 2.5 ml enjektör ve 30 gauge iğne ucu	35
Şekil 19. 800 rpm/1 N tork ayarlı endodontik motor	36
Şekil 20. Memmert UN 110 Etüv	37

Şekil 21. İzomet kesme cihazı	37
Şekil 22. Akrilik bloğa sabitlenmiş örnekler	37
Şekil 23. Dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliği ölçümü	38



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Kök kanal irrigasyon aktivasyon yöntemleri.....	4
Tablo 2. Çalışma Akış Şeması.....	36
Tablo 3. Örneklerin gruplara ayrılması	36
Tablo 4. Örneklerin lazer taramalı konfokal mikroskop görüntüleri	39
Tablo 5. Dentin tübül penetrasyon yüzdesi için 3 yönlü varyans analizi sonuçları	40
Tablo 6. Dentin tübül penetrasyon yüzdesine ait çoklu karşılaştırma sonuçları	40
Tablo 7. Final irrigasyon aktivasyon sistemi, kanal içi medikamentler ve kök kanal bölgelerine göre dentin tübül penetrasyon yüzdesine ait (%) ortalama ve s.sapma grafiği.....	41
Tablo 8. Maksimum penetrasyon derinliğine ait çoklu karşılaştırma sonuçları	42
Tablo 9. Maksimum penetrasyon derinliği için 3 yönlü varyans analiz sonuçları	42
Tablo 10. Final irrigasyon aktivasyon sistemi, kanal içi medikamentler ve kök kanal bölgelerine göre maksimum penetrasyon derinliğine ait (%) ortalama ve s.sapma grafiği	43

1 GİRİŞ

Başarılı bir endodontik tedavi için kök kanal sisteminin etkili kemomekanik preparasyonu, dezenfeksiyonu ve biyouyumlu bir materyalle üç boyutlu ve sızdırmaz bir şekilde doldurulması gerekmektedir (Cehrelı ve ark., 2013). Kök kanal sisteminin karmaşık morfolojik yapısı ve kök kanal düzensizlikleri nedeniyle mekanik şekillendirmenin etkili olamayışı kemomekanik preparasyonun tam anlamıyla yapılmasını zorlaştırmaktadır (Cunningham ve ark., 1982).

İrrigasyon solüsyonları şekillendirme esnasında ortaya çıkan debrisı uzaklaştırarak, kontamine dokuları çözerek ve kök kanal dezenfeksiyonunu sağlayarak mekanik işlemlere katkı sağlamaktadır (Kandaswamy ve Venkateshbabu, 2010). Bununla birlikte geleneksel irrigasyon yöntemlerinin debris uzaklaştırmada, solüsyonların dentin tübül penetrasyonunda ve kök kanal dezenfeksiyonunda yetersiz kaldığı bilinmektedir (Svec ve Harrison, 1977). Bu sebeple kök kanal irrigasyonunun etkinliğini arttırmak amacıyla çeşitli irrigasyon aktivasyon sistemleri geliştirilmiştir (Gu ve ark., 2009).

Kemomekanik preparasyon ile enfekte kök kanalında yer alan mikroorganizmaların ancak %50-70'i elimine edilmektedir (Moller ve ark., 2004). Bakteri eliminasyonunun tamamen sağlanamaması; kanal irrigasyon solüsyonlarının kanal duvarlarıyla kısa süre temasta kalması ve kök kanal şekillendirme yöntemlerinin fiziksel limitasyonu ile açıklanmaktadır. Bu sebeple kanal içi medikamentlerin belirli bir süre kanal duvarlarıyla temasta kalmasının bakteri eliminasyonu için gerekli bir aşama olduğu düşünülmektedir (Reit ve Dahlén, 1988; Spångberg ve Haapasalo, 2002).

Kalsiyum hidroksit diş hekimliğinde 1920'lerde kullanılmaya başlanmış ve zaman içerisinde endodontide en sık tercih edilen kanal içi medikament haline gelmiştir (Tang ve ark., 2004). Kanal içi medikament olarak kullanılan kalsiyum hidroksit yüksek pH'ı sayesinde ortamı alkali hale getirerek bakterisid etki göstermektedir (El Karim ve ark., 2007). Ayrıca uzun süreli etkinliği, antibakteriyel etkisi ve sert doku oluşumunu indüklemesi sebebiyle dental travma olgularında ve rejenerasyon tedavilerinde de kullanılmaktadır (Lin ve ark., 2003).

Polimikrobiyal enfeksiyon olan endodontik enfeksiyonlar tek bir antibiyotik çeşidiyle kontrol altına alınamayacağından araştırmacılar tarafından içeriğinde; minosiklin,

siprofloksasin ve metronidazol bulunan üçlü antibiyotik patı geliştirilmiştir (Windley ve ark., 2005). Üçlü antibiyotik patı nekrotik pulpa dokusunu uzaklaştırması, kök kanal boşluğunu dezenfekte edebilmesi ve rejeneratif tedavi için uygun ortam oluşturması sebebiyle tercih edilmektedir (Mohammadi ve ark., 2018). Üçlü antibiyotik patının içeriğinde bulunan minosiklin dişte renklemeye sebep olduğundan (Trope, 2010); yerine sefaklor eklenmiş ve modifiye üçlü antibiyotik patı olarak tanımlanmıştır (Thibodeau ve Trope, 2007).

Kanal içi medikamentlerin mikroorganizmaları elimine edebilmesi ve kök kanal enfeksiyonunun tekrarlanmasını önleyebilmesi için dentin tübüllerinin derin kısımlarına penetre olabilmesi gerekmektedir (Cruz ve ark., 2017). Ayrıca yapılmış olan çalışmalar ile smear tabakasının uzaklaştırılmasının kanal içi medikamentlerin etkisini göstereceği süreyi kısalttığı bildirilmektedir (Lui ve ark., 2007; Orstavik ve Haapasalo, 1990). Final irrigasyon aktivasyon sistemleriyle smear tabakasının daha iyi uzaklaştırıldığı ve endodontik materyallerin dentin tübül penetrasyonunun arttırıldığı bilinmektedir fakat literatürde kanal içi medikamentlerin dentin tübül penetrasyonuna etkisinin değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır (Gu ve ark., 2017; Mancini ve ark., 2013).

Dentin tübül penetrasyonunun değerlendirildiği çalışmalarda görüntüleme yöntemi olarak genellikle stereomikroskop, taramalı elektron mikroskobu ve lazer taramalı konfokal mikroskop kullanılmaktadır. Örneğin incelenebilmesi için hazırlanma süreci gerektirmemesi, düşük büyütmelerde yüksek çözünürlüklü görüntü elde edilebilmesi, görüntüde az artefakt oluşturması ve eklenen florasan boya sayesinde incelenmek istenen materyalin dentin tübülünden daha kolay ayırt edilebilmesinden dolayı son yıllarda lazer taramalı konfokal mikroskop tercih edilmektedir (Bitter ve ark., 2004; Mamootil ve Messer, 2007).

Yapılan literatür incelemesi sonucunda final irrigasyon aktivasyon sistemlerinin kanal içi medikamentlerin dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliği üzerine etkinliğinin değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu tez çalışmasının amacı; EndoActivator, XP-endo Finisher, pasif ultrasonik irrigasyon ve geleneksel iğne irrigasyonunun; kalsiyum hidroksitin (Ca(OH)_2) ve modifiye üçlü antibiyotik patının (mTAP) kök kanalının farklı bölgelerindeki (koronal, orta, apikal) dentin tübül penetrasyon yüzdesine ve maksimum penetrasyon derinliğine etkisinin lazer taramalı konfokal mikroskop (CLSM) ile değerlendirilmesidir.

2 GENEL BİLGİLER

Başarılı bir endodontik tedavi için canlı veya nekroz pulpa dokusunun, mikroorganizma ve mikrobiyal toksinlerin kök kanalından uzaklaştırılması gerekmektedir (Lee ve ark., 2004). Mevcut mekanik şekillendirme yöntemleriyle kök kanalının tamamen temizlenmediği bilindiğinden kök kanal sisteminin irrigasyon solüsyonlarıyla dezenfeksiyonu ve kanal içi medikament kullanımı önem kazanmaktadır (Haapasalo ve ark., 2010; Hülsmann ve ark., 2005).

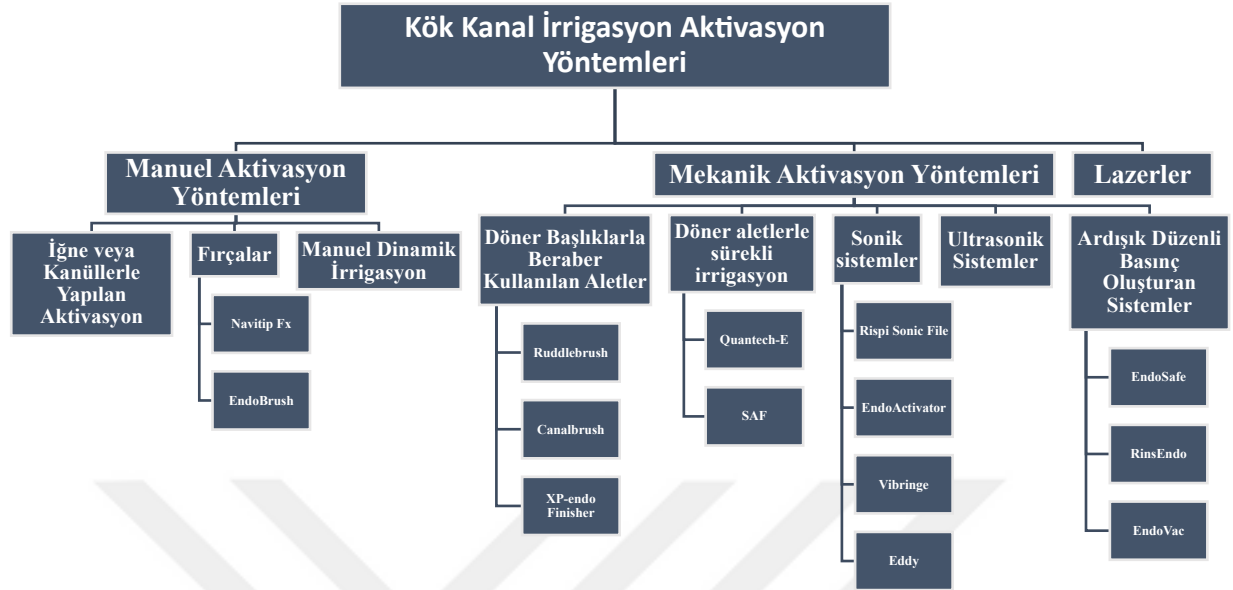
Mekanik şekillendirme ile kök kanal sisteminin bütününde, en az %35 oranında şekillendirilemeyen kök kanal yüzeyinin kaldığı bilinmektedir (Peters ve ark., 2001). Mekanik olarak ulaşılamayan bu alanlardaki mikroorganizmalar ve sert-yumuşak doku artıkları kök kanal irrigasyonu ile uzaklaştırılabilmektedir (Svec ve Harrison, 1977). Irrigasyonun etkinliği; irrigasyon solüsyonunun çalışma mekanizması, dentine penetrasyon yeteneği ve kök kanal sistemiyle direkt olarak temas edebilmesi gibi faktörlere bağlıdır (Ghorbanzadeh ve ark., 2016). Mekanik şekillendirmeyeyle oluşan debris tabakasının etkin bir kök kanal irrigasyonu ile uzaklaştırılması sayesinde kök kanalında dezenfeksiyon sağlanmakta ve sızdırmaz dolgu yapılabilmektedir (Foster ve ark., 1993). Fakat geleneksel iğne irrigasyonu ile mekanik şekillendirme ile ulaşılamayan bu alanlar ve düzensizliklerdeki debris ve mikroorganizmaların tam anlamıyla uzaklaştırılması ve solüsyonun kök kanal duvarıyla direkt teması zor olabilmektedir (Wu ve Wesselink, 2001).

Kök kanal sistemindeki debris uzaklaştırmak ve dezenfeksiyonu sağlamak amacıyla kök kanal irrigasyon solüsyonları ve aktivasyon sistemlerinin birlikte kullanılması önerilmektedir (Klyn ve ark., 2010).

2.1 Kök Kanal Irrigasyon Aktivasyon Yöntemleri

Günümüzde kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntemleri; manuel irrigasyon aktivasyon yöntemleri ve cihazlar ile yapılan irrigasyon aktivasyon yöntemleri olarak iki ana başlık altında toplanmaktadır (Gu ve ark., 2009). Kök kanal irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin sınıflandırılması Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Kök kanal irrigasyon aktivasyon yöntemleri



2.1.1 Manuel Aktivasyon Yöntemleri

2.1.1.1 İğne veya Kanüllerle Yapılan Aktivasyon

Pratisyen diş hekimleri ve endodontistler tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknikte irrigasyon solüsyonları, kök kanalına farklı tip uçlara sahip iğne veya kanüller aracılığıyla pasif bir şekilde ya da aşağı yukarı hareket ettirilerek gönderilmektedir (Gu ve ark., 2009). Ancak diş hekimliğinde anestezi amacıyla kullanılan uçtan perfore iğneler ile kök kanal irrigasyonu yapıldığında, solüsyonun periodontal dokulara taşma riski artmaktadır (Mehdipour ve ark., 2007). Son yıllarda bu riski azaltmak ve hidrodinamik aktivasyonu arttırmak amacıyla farklı tasarımlara sahip irrigasyon iğneleri geliştirilmiştir (Gu ve ark., 2009; Hauser ve ark., 2007).

İrrigasyonda yandan perfore iğnelerin kullanımı ilk kez Goldman ve ark. (1976) tarafından bildirilmiştir. Bu irrigasyon aktivasyon yönteminde uygulama sırasında iğne ya da kanülün ucunun kanal boşluğunda sıkışmamasına dikkat edilmesi önerilmektedir. Kök kanalında gevşek kalan iğne ucu sayesinde daha çok debris koronale taşınır, kalan boşluktan irrigasyon solüsyonu geri akabilir ve irrigasyon solüsyonunun periapikal dokulara taşması önlenmiş olur (van der Sluis ve ark., 2006). Bu yöntemin kolay ve ucuz olmasının yanında bir

diğer avantajı iğnenin kanal içerisindeki konumunun ve kanala verilen solüsyon hacminin hekim tarafından kontrol altında tutulabilir olmasıdır (van der Sluis ve ark., 2006).

İrrigasyon işlemi esnasında iğne dar bir kanalın en fazla koronal ya da orta 1/3'ünde konumlandırılabilen ve irrigasyon solüsyonunun kanülün ucundan en fazla 1mm daha ileriye gidebildiği bilinmektedir (Ram, 1977). Bu sebeple, irrigasyon solüsyonunun penetrasyon derinliği ve debrisleri uzaklaştırma etkinliği sınırlanmaktadır (Gu ve ark., 2009).

Etkili bir irrigasyon için kullanılan irrigasyon solüsyonunun kök kanal duvarlarıyla doğrudan temas etmesi gerekmektedir. Fakat 'vapor lock' etkisi sebebiyle iğneyle kök kanalına verilen irrigasyon solüsyonunun kök kanalının apikal üçlüsüne ulaşması zorlaşmaktadır. Vapor lock etkisi; irrigasyon solüsyonu kök kanalına verilirken, apikalde iğne ucu ile kanal duvarları arasında kalan boşlukta hava kabarcıklarının sıkışmasıyla oluşabilmektedir. Bunun yanı sıra sodyum hipoklorit (NaOCI) solüsyonu ile organik materyallerin reaksiyonu sonucu meydana gelen hava kabarcıklarının birleşmesi nedeniyle de oluşabildiği bilinmektedir (Peeters ve Gutknecht, 2014; Schoeffel, 2008; Vera ve ark., 2012).

O'Connell ve ark. (2000) 27 gauge iğne ile bir Monoject şırınga kullanılarak 3 çeşit EDTA solüsyonu ve sodyum hipokloritin irrigasyon etkinliklerini değerlendirdikleri çalışma sonucunda, solüsyonların debridman özelliklerinin kanalların koronal ve orta üçlüsünde yeterli olduğu, ancak apikal üçlüde etkili olamadıklarını bildirmişlerdir.

İğne veya kanüllerle yapılan irrigasyonun etkinliğinin; irrigasyon iğnesinin apikale yakınlaştırılması, solüsyon hacminin artırılması, iğne ucunun küçük çapta seçilmesi ve solüsyonun yenilenmesi ile artırılabilirdiği bildirilmiştir (Gu ve ark., 2009). Ancak irrigasyon iğnesinin apikale yakınlaştırılması solüsyonun apikal ekstrüzyon ihtimalini arttıracğından dolayı iğnenin kök kanalı içerisinde sürekli apiko koronal yönde hareketi ve yavaş verilmesi önerilmektedir (Abou-Rass ve Piccinino, 1982). Ancak bunun yanında iğnelerle irrigasyon işlemi sırasında sıvı akış hızını standartlaştırmanın ve kontrol etmenin de zor olduğu bildirilmektedir (Boutsioukis ve ark., 2007).

İğne ve kanüllerle yapılan aktivasyonun avantaj ve dezavantajları göz önünde bulundurulduğunda, irrigasyon solüsyonlarının dentin tübül penetrasyon derinliğini artıracak yeni sistemlerin geliştirilmesi önerilmektedir (Gu ve ark., 2009). Böylelikle hem debrislerin

kök kanalından daha iyi uzaklaştırılmasıyla etkili kök kanal dezenfeksiyonu hem de periapikal doku tahrişini önlemek için irrigasyon solüsyonlarının apikal ekstrüzyonunun azaltılması amaçlanmaktadır (Bradford ve ark., 2002; Gu ve ark., 2017; Serper ve ark., 2004).

2.1.1.2 Fırçalar

Kök kanal irrigasyon aktivasyonunda; Navitip FX (Ultradent Products Inc, South Jordan, UT) ve Endobrush (C & S Microinstruments Limited, Markham, Ontario, Canada) fırça sistemleri kullanılmaktadır. Bu fırçalar irrigasyon solüsyonunun doğrudan kök kanalına verilmesinde değil; irrigasyon solüsyonunu aktive etmek ve kök kanal duvarlarındaki debrisin uzaklaştırılmasına yardımcı olmak amacıyla kullanılmaktadır (Gu ve ark., 2009).

2.1.1.2.1 Navitip FX

Navitip FX (Ultradent Products Inc, South Jordan, UT), 30 gauge çapında fırça kıllarıyla kaplı bir irrigasyon iğnesidir (Şekil 1). Kök kanalına irrigasyon solüsyonu verilirken fırça kılları sayesinde kanal duvarlarının temizlenmesi amaçlanmaktadır.

Navitip FX'in aşağı yukarı kısa hareketlerle kanalı fırçalama şeklinde kullanılması önerilmektedir. Ancak fırça kılları ve kanal içi düzensizliklerde oluşan sürtünme sebebiyle fırça kılları kopabilmektedir ve radyolusent olmaları klinisyenler tarafından fark edilememesi riskini beraberinde getirmektedir (Gu ve ark., 2009).

30 gauge'luk NaviTip FX irrigasyon iğnesi ve NaviTip irrigasyon iğnesinin etkinliğinin karşılaştırıldığı bir çalışmada; kök kanalının apikal ve orta üçlüsünde fark olmamasına rağmen koronal kısmında bulunan debrisin uzaklaştırılmasında NaviTip FX irrigasyon iğnesinin daha etkin olduğu bildirilmiştir (Al-Hadlaq ve ark., 2006).



Şekil 1. Navitip FX irrigasyon iğnesi

2.1.1.2.2 Endobrush

Endobrush (C & S Microinstruments Limited, Markham, Ontario, Canada), endodontik kullanım için tasarlanmış spiral dizilmiş naylon fırça kıllarına sahip bir endodontik fırçadır (Şekil 2). Kök kanalına irrigasyon solüsyonu verildikten sonra aktif rotasyon ve apiko-koronal yönde hareket ile fırçalama yapılarak kullanımı önerilmektedir.

Keir ve ark. (1990) Endobrush'ın etkinliğini değerlendirdikleri çalışma sonucunda; Endobrush'ın aktif fırçalama ve rotasyonel hareketi sayesinde, kanal içi düzensizliklerden, yan kanal, isthmus gibi ulaşılması zor alanlardan debris ve doku artıklarının uzaklaştırılmasında etkili bir yöntem olduğu ancak fırçanın kalın çapından (ortalama 0.52-0.54 mm) dolayı çalışma boyunun bütüne ulaşamayacağını ve irrigasyon sonrası apikalde debrisin birikebileceğini bildirmiştir.



Şekil 2. Endobrush fırça ucu

2.1.1.3 Manuel Dinamik İrrigasyon

Manuel dinamik irrigasyon ile kök kanallarında hidrodinamik etki yaratılmaktadır. Caron ve ark. (2010) bu yöntemle; eğimli kanallarda apikal bölgeye ulaşamayan irrigasyon solüsyonlarının bu etki yaratılarak apikal bölgeye ulaşmasını sağlayabileceğini bildirmiştir.

Manuel dinamik irrigasyon aktivasyon yöntemiyle; kök kanal genişletme işlemi bitirildikten sonra apikal genişliğe uygun bir gutta-perkanın, kök kanalında bulunan irrigasyon solüsyonu içinde 2-3 mm apiko-koronal yönde hareket ettirilmesiyle hidrodinamik bir aktivasyon oluşturarak irrigasyon solüsyonunun kök kanalının apikal üçlüsünde teması amaçlanır (McGill ve ark., 2008).

Bu yöntem; basitliği, ucuz olması ve etkinliği nedeniyle başarılı bir irrigasyon aktivasyon yöntemi olarak görülmesine rağmen, manuel prosedürün zorluğu, rutin endodontik tedavilerde tercih edilmesini engellemektedir. Bu nedenle, irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonu için üretilmiş otomatik cihazlar tercih edilmektedir (Gu ve ark., 2009).

Literatürde manuel dinamik irrigasyonun; pasif irrigasyona ve RinsEndo (Dürr Dental Co, Bietigheim-Bissingen, Germany) gibi sistemlere göre daha etkili olduğunu bildiren çalışmalar mevcuttur (Huang ve ark., 2008; McGill ve ark., 2008). Buna ek olarak ultrasonik irrigasyon aktivasyona kıyasla etkinliğinin daha az olduğunu bildiren çalışmalar da mevcuttur (Jasrotia ve ark., 2019; Jiang ve ark., 2012).

2.1.2 Mekanik Aktivasyon Yöntemleri

2.1.2.1 Döner Başlıklarla Beraber Kullanılan Aletler

Döner başlıklarla beraber mikro fırçalar; ilk defa Ruddle tarafından kök kanal preparasyonunda ortaya çıkan dentin debrislerinin ve smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla kullanılmıştır (Ruddle, 2001).

2.1.2.1.1 Ruddle Brush

Ruddle Brush, bir shaft ve radyal olarak uzanan birçok sayıda kıla sahip konik bir fırça bölümü içermektedir (Şekil 3). Bu döner fırça sistemi 300 rpm hızla çalışarak kök kanal düzensizliklerinden debrislerin uzaklaştırılmasına ve radyal fırça kılları sayesinde debrislerin apikalden koronale doğru taşınmasına yardımcı olmaktadır (Gu ve ark., 2009).



Şekil 3. Ruddle Brush döner fırça

2.1.2.1.2 CanalBrush

CanalBrush (Coltene Whaledent, Langenau, Germany) mikrofırça sistemi hem döner başlıklarla hem de manuel olarak kullanılabilen şekilde tasarlanmıştır. Mikro fırça kılları, esnekliğin artırılması için propilenden yapılmıştır. Debrislerin daha etkili bir şekilde uzaklaştırılabilmesi için 600 rpm hızla döner başlıklarla kullanılması önerilmektedir (Gu ve ark., 2009). Kısa ve esnek fırça kıllarına sahip CanalBrush sistemiyle irrigasyon aktivasyonunun kök kanal düzensizliklerindeki debrisleri daha etkili bir şekilde uzaklaştırdığı bildirilmiştir (Weise ve ark., 2007). Ayrıca yapılan çalışmalar sonucunda; geleneksel irrigasyon yöntemine kıyasla CanalBrush sistemiyle irrigasyon aktivasyon sonucu daha temiz kök kanal duvarları elde edildiği bildirilmiştir (Garip ve ark., 2010; Salman ve ark., 2010).

2.1.2.1.3 XP-endo Finisher Ege

XP-endo Finisher (FKG Dentaire SA, İsviçre) son zamanlarda irrigasyon aktivasyon için tercih edilen bir ege sistemidir. ISO #25, 0.00 koniklikte nikel titanyum bir döner alete benzer bir tasarımdadır (Alves ve ark., 2016). Taper açısı bulunmayan ve esnek olan bu döner ege; üretici talimatına göre 1N tork değerinde ve 800 rpm hızda çalıştırılmalıdır (Vaz-Garcia ve ark., 2018).

Kor kısmı özel bir alaşımdan (MaxWire; Martensite-Austenite Electropolish Flex, FKG Dentaire) yapılmış bu ege, oda sıcaklığında martensitik fazdayken (M); kanal içerisine yerleştirildiğinde vücut sıcaklığına geçerek moleküler hafızası östenit (A) faza geçmektedir. M fazındayken ege düzdür ve bu faz ege soğutulduğunda elde edilmektedir. Üretici firmanın iddaasına göre, cihaz dönme modunda kanalın içine yerleştirildiğinde, A-fazındaki şekli sayesinde kök kanal konfigürasyonuna zarar vermeden diğer irrigasyon cihazlarının erişemeyeceği alanlarda irrigasyon sağlamaktadır (Vaz-Garcia ve ark., 2018).

Farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin debris uzaklaştırma üzerine etkisinin incelendiği bir başka çalışmada; XP-endo Finisher ve EndoActivator'le aktivasyonun; ege ile irrigasyon aktivasyona göre daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Elnaghy ve ark., 2017).

XP-endo Finisher, pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) ve Self Adjusting File (SAF) sisteminin kök kanalından kalsiyum hidroksit uzaklaştırma etkinliklerinin değerlendirildiği bir

Çalışma sonucunda; irrigasyon aktivasyon sistemleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır (Kfir ve ark., 2018).

2.1.2.2 Döner Aletlerle Enstrümantasyon Sırasında Sürekli İrrigasyon

Quantec-E (SybronEndo, Orange, CA), döner aletle enstrümantasyon esnasında devamlı olarak irrigasyon solüsyonunu aktive eden, iki irrigasyon rezervuarı ve bir tüp sistemi içeren bir irrigasyon aktivasyon sistemidir (Walters ve ark., 2002). Bu irrigasyon sistemiyle sürekli irrigasyon aktivasyonu sağlanarak; irrigasyon solüsyonunun kök kanal duvarlarıyla temas süresinin, irrigasyon solüsyon hacminin ve solüsyonun dentin tübül penetrasyonunun arttırılması amaçlanmaktadır (Gu ve ark., 2009). Fakat yapılan çalışmalar sonucunda geleneksel irrigasyona kıyasla Quantec-E irrigasyon sistemi ile koronal bölgede daha temiz kök kanal duvarları elde edilirken apikal ve orta üçlüde ise yöntemler arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Setlock ve ark., 2003; Walters ve ark., 2002).

Self Adjusting File (SAF) sistemi (ReDent-Nova, Ra'anana, Israel); 120 mm kalınlığındaki nikel-titanyum kafesten oluşan, sıkıştırılabilir, ince çeperli, silindirik, içi boş ve esnek bir kök kanal eğesidir. Bu eğe sistemi; dış kısmının aşındırıcılığı sayesinde ileri geri ve titreşim hareketi ile kanal duvarlarını şekillendirirken, aynı zamanda içi boş kafes şekli sayesinde de irrigasyon solüsyonunu devamlı olarak kök kanalına vererek solüsyon aktive edilmektedir (Metzger ve ark., 2010). Kök kanalına yerleştirildiğinde, üç boyutlu bir adaptasyon sağladığı için, kanal şekline uyumlu olduğu bilinmektedir (De-Deus ve ark., 2011). Lin ve ark. (2013) iki farklı nikel titanyum eğe sistemi ve SAF'ın bakteriyel biyofilm tabakasının uzaklaştırılması üzerine etkinliklerinin değerlendirildiği çalışmalarında; SAF'ın preparasyon esnasında kesintisiz solüsyon akışını sağlamasından dolayı daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

2.1.2.3 Sonik Sistemler

Endodontik tedavide sonik cihazların kullanımı; ilk defa Tronstad ve ark. (1985) tarafından önerilmiştir. Sonik sistemler; özel kanal aletleri (Rispi Sonic, Shaper Sonic, Heli Sonic eğeler gibi) ile titreşim ve apiko-koronal yönde hareketle irrigasyon aktivasyonunu sağlamaktadır (Waplinton ve ark., 1995). Ayrıca vertikal hareketi ile güçlü bir hidrodinamik aktivasyon sağlayarak solüsyonun etkinliğini artırmaktadırlar (Ruddle, 2002).

Sonik irrigasyon sistemleri ultrasonik irrigasyon sistemlerine göre daha düşük frekansta (1-6 kHz) çalışmakta ve daha küçük makaslama gerilimi yaratmaktadır (Ahmad ve ark., 1987). Sonik sistemlerin daha düşük frekansta çalışması sıvı akış hızının ultrasonik sistemlere kıyasla daha düşük olmasına neden olmaktadır. Bu da sonik sistemlerin ultrasonik sistemlere göre hidrodinamik aktivasyonu arttırmada daha etkisiz olmasını açıklamaktadır (Gu ve ark., 2009).

Sonik sistemler; Rispi Sonic File (Medidenta International Inc., Las Vegas, Nevada, ABD), EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, ABD), Vibringe (Vibringe B. V. Corp, Amsterdam, Hollanda) ve Eddy irrigasyon aktivasyon sistemi'dir.

2.1.2.3.1 Rispi-Sonic File

Rispi-Sonic eğeler (Medidenta International Inc., Las Vegas, Nevada, ABD) düzensiz konisiteli, dikenli bir yapıya sahiptir ve MM 1500 sonik motorla kullanılmaktadır. Bu tip eğeler kesebilme kabiliyetleri (dikenli yapısı) sebebiyle aktivasyon sırasında kök kanal duvarlarına temas ederek preparasyonu bitmiş kök kanalına zarar verebilmektedir (Gu ve ark., 2009).

2.1.2.3.2 EndoActivator Sistemi

EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, ABD) irrigasyon aktivasyon sistemi kesme etkinliği bulunmayan polimer uçlara sahiptir (Şekil 4). Kesme etkinliği olan eğelerle sonik aktivasyon esnasında apikal transportasyon ihtimali üzerine geliştirilmiş bir sistemdir. Bu sistem farklı boyutlarda polimer uçlara sahip bir sonik aktivasyon sistemidir. Sistemin 3 farklı hız ayarı vardır: 2.000, 6.000, 10.000 cycles per minute (cpm); en etkin debridman için önerilen hızın 10.000 cpm olduğu bildirilmiştir (Shalan ve Al-Huwaizi, 2018). 22 mm uzunluğa sahip radyolusent tek kullanımlık uçlar (Sarı 15/02, Kırmızı 25/04, Mavi 35/04) polimer yapısı sayesinde kolay kırılmaz ve esnektir (Desai ve Himel, 2009). Uçlar aktif olmadığı için kök kanal duvarlarına temas etse bile zarar vermeyerek, basamak, apikal transportasyon ve perforasyona neden olmamaktadır (Ruddle, 2007). Ancak kök kanalında kırılması halinde radyografide görülemeyeceğinden tespit edilmesinin güçleşmesi dezavantaj niteliğindedir (Ruddle, 2007).

Sistemin vibrasyon yaparak çalışan ucunun kanal içerisinde apiko-koronal yönde hareket ettirilmesiyle güçlü bir hidrodinamik etki oluşmaktadır ve bu sayede debrisin irrigasyon

solüsyonuyla birlikte koronale yükseldiği gözlemlenmektedir (Gu ve ark., 2009). Bu sistemin oluşturduğu sonik aktivasyonla, irrigasyon solüsyonunun kök kanalındaki sirkülasyonu kolaylaşmaktadır. Böylelikle kök kanalının ulaşılması zor bölgelerinde solüsyon penetresyonu artmaktadır (Guerisoli ve ark., 2002; Lussi ve ark., 1993).

Kanter ve ark. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada Endoactivator irrigasyon aktivasyon yönteminin geleneksel irrigasyon yöntemine göre kök kanalından daha fazla debris uzaklaştırdığı ve daha temiz kök kanal duvarları elde edildiği bildirilmiştir. Yapılan bir başka çalışmada irrigasyon solüsyonunun EndoActivator'le aktive edilmesinin kanallardaki E.feacalis miktarının azaltılmasında geleneksel irrigasyon yöntemine göre anlamlı bir fark yaratmadığı rapor edilmiştir (Brito ve ark., 2009).



Şekil 4. EndoActivator sistem

2.1.2.3.3 Vibringe

Vibringe (Vibringe B. V. Corp, Amsterdam, Hollanda), manuel solüsyon akışı ile sonik aktivasyonu birleştiren bir sistemdir (Şekil 5). 10 mL'lik şırınganın ucuna yerleştirilen herhangi bir irrigasyon iğnesinin ucuna bağlanan bu sistemle kanal içine devamlı, pulsatif şekilde solüsyon aktarımı sağlanmaktadır (Rodig ve ark., 2010). Sistem sayesinde iğnede yaklaşık 150 Hz'lik titreşim oluşturularak solüsyon aktive edilmektedir (Basrani, 2015). Kök kanal düzensizliklerinden ve apikal bölgeden debrisin uzaklaştırılmasında geleneksel iğne irrigasyonundan daha etkili olduğu bildirilmiştir (Rodig ve ark., 2010).



Şekil 5. Vibrate sistem

2.1.2.3.4 Eddy İrrigasyon Ucu (VDW)

Bu sistem 5.000-6.000 Hz arasında frekans aralığına sahiptir. Bu sistemle irrigasyon solüsyonu sonik olarak aktive edilerek, kök kanal sisteminin ulaşılması zor bölgelerindeki debrisin uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Uzunluğu 28 mm, apikali 0.2 mm çapında olan ve dentinden daha yumuşak poliamid uçlara sahip bu sistemin (Şekil 6); hem kök kanal duvarlarına zarar vermediği hem de kanal içinde çalışırken kırılma riskinin daha düşük olduğu bildirilmiştir (Urban ve ark., 2017; Zeng ve ark., 2018).



Şekil 6. Eddy irrigasyon ucu

2.1.2.4 Ultrasonik Sistemler

Ultrasonik cihazlar uzun süre periodontoloji alanında kullanıldıktan sonra ilk defa 1957 yılında endodontide kullanımı önerilmiş olup, 1980 yılında endodontide kullanılmaya başlanmıştır (Martin ve ark., 1980; Richman, 1957). Bu sistem yatay yönde vibrasyon hareketi meydana getirerek ultrasonik uç boyunca ultrasonik enerji oluşturmaktadır. İrrigasyon solüsyonuna aktarılan bu enerji sayesinde de solüsyonda akustik dalgalanma meydana gelmektedir (van der Sluis ve ark., 2007; Walmsley ve Williams, 1989). Sonik sisteme kıyasla daha yüksek frekansa (25-30 Hz) sahip ve daha düşük amplitüd oluşturan sistemlerdir.

Endodontik tedavilerde ultrasonik sistemler; kalsifiye olmuş kök kanallarının bulunmasında, eski dolum, kırık alet gibi kanal içi engellerin ve postların uzaklaştırılmasında, irrigasyon aktivasyonunda, kök kanal preparasyonunda, gutta perkanın kondensasyonunda, endodontik cerrahide kök ucu kavite preparasyonu ve retrograd dolgu materyalinin yerleştirilmesinde kullanılmaktadır (Çiçek ve Bodrumlu, 2012).

Literatürde iki çeşit ultrasonik irrigasyon yönteminden bahsedilmektedir. Bunlar kök kanal şekillendirmesiyle eş zamanlı kullanılan ultrasonik irrigasyon yöntemi (UI) ve şekillendirme sonrası sadece irrigasyon solüsyonunu aktive etmek için kullanılan pasif ultrasonik aktivasyon (PUI) olarak nitelendirilen irrigasyon yöntemidir (Çiçek ve Bodrumlu, 2012).

Ultrasonik sistemlerin şekillendirme esnasında kullanımı; kontrolünün güç olması sebebiyle şekillendirilmiş kök kanalında düzensizlik yaratması, strip perforasyon ve kanal transportasyonu oluşturması gibi dezavantajlara sahiptir (Lumley ve ark., 1992; Moorer ve Wesselink, 1982). Bu sebeple geleneksel enstrümantasyona alternatif niteliği taşımamaktadır. Endodontide ultrasonik sistemlerin kök kanal şekillendirilmesinden sonra kullanılmasının daha avantajlı olduğu düşünülmektedir (Zehnder, 2006). Ayrıca pasif ultrasonik irrigasyonun, enstrümantasyonla beraber ultrasonik irrigasyona göre debris uzaklaştırılmasında daha etkili olduğu bildirilmiştir (Cheung ve Stock, 1993)

2.1.2.4.1 Pasif Ultrasonik Irrigasyon (PUI)

İlk olarak Weller ve ark. (1980) tarafından endodontik bir eğeye ultrasonik enerjinin aktarılmasıyla kök kanalındaki irrigasyon solüsyonunun mekanik olarak ajite edilmesi olarak tanımlanmıştır (Jensen ve ark., 1999). Kök kanal duvarıyla daha az temas sağlaması için küçük boyutlu eğelerle yüksek güçteki ultrasoniklerin kombine kullanımı önerilmektedir (Ahmad ve ark., 1987; Jensen ve ark., 1999). Ultrasoniklerin en etkin kullanımının kök kanal şekillendirmesi bitmiş geniş ve düz kanallarda olduğu bildirilmiştir (van der Sluis ve ark., 2005).

Pasif ultrasonik irrigasyonla, irrigasyon solüsyonu aktive edilerek kök kanalıyla daha fazla teması sağlanmakta; böylelikle debris ve bakterilerin daha etkin uzaklaştırılması amaçlanmaktadır (van der Sluis ve ark., 2006). Pasif ultrasonik irrigasyonla iki tip irrigasyon

sağlanabilmektedir. Bunlar kesikli ve devamlı ultrasonik irrigasyon olarak adlandırılmaktadır (van der Sluis ve ark., 2007).

Devamlı pasif ultrasonik irrigasyonda irrigasyon solüsyonu ultrasonik aktivasyonla eş zamanlı olarak kök kanalına verilmektedir. Bu amaçla Nusstein iğnesi olarak adlandırılan 25 G irrigasyon iğnesinin adapte edildiği ultrasonik uç geliştirilmiştir (Gu ve ark., 2009). Yapılan çalışmalar sonucunda 1 dakika boyunca devamlı pasif ultrasonik aktivasyonun vital ve nekrotik dişlerin kök kanal ve istmuslarında etkin dezenfeksiyon sağladığı bildirilmiştir (Burleson ve ark., 2007; Gutarts ve ark., 2005). Aynı zamanda nekrotik dişlerde yapılan bir çalışma sonucunda devamlı ultrasonik aktivasyon sayesinde koloni oluşturan unit (cfu) sayısında önemli ölçüde azalma saptanmıştır (Carver ve ark., 2007).

Kesikli pasif ultrasonik irrigasyonda; irrigasyon solüsyonu enjektörle kök kanalına verildikten sonra ultrasonik uçla irrigasyon aktivasyonu sağlanmaktadır (van der Sluis ve ark., 2006). Bu yöntemde kök kanalının apikeline verilen irrigasyon solüsyonunun miktarı, şırınganın kök kanalına yerleştirme derinliği, kanala verilen irrigasyon solüsyon hacminin kontrol edilebilir olması devamlı pasif ultrasonik irrigasyona göre avantaj niteliğindedir (Mozo ve ark., 2012). Bu tip irrigasyonda Irrisafe (Satelec Acteon, Merignac, France) ultrasonik uç kullanılmaktadır. Üretici firma tarafından kök kanal şekillendirme işlemi sonrası kök kanalı irrigasyon solüsyonuyla doluyken çalışma uzunluğundan 1-2 mm geride konumlandırılarak kullanılması önerilmektedir.

Ultrasonik uçların güvenle çalışabilmesi için kök kanal duvarlarıyla temas etmemesi gerekmektedir; bunun için pasif ultrasonik irrigasyondan önce kök kanalı yeterli genişliğe ulaşmış olmalıdır (van der Sluis ve ark., 2005). İki tip pasif ultrasonik irrigasyonunun karşılaştırıldığı *ex vivo* modelde yapılan çalışma sonucunda iki yöntemin de debris uzaklaştırmada eşit etkinlikte olduğu bildirilmiştir (Lottanti ve ark., 2009; van der Sluis ve ark., 2007).

Geleneksel irrigasyon ve sonik aktivasyon sistemlerine kıyasla ultrasonik sistemlerin debris uzaklaştırmada daha etkin olduğu bildirilmiştir (Gu ve ark., 2009; Mozo ve ark., 2012). Ayrıca pasif ultrasonik aktivasyonun erişilmesi zor, düzensiz bölgelerde de bakteri eliminasyonunu arttırdığı belirtilmiştir (Huque ve ark., 1998).

2.1.2.5 Ardışık Düzenli Basınç Oluşturan Sistemler

Günümüzde irrigasyonun etkinliğini arttırmak ve irrigasyon solüsyonunun apikal alandan taşmasını engellemek amacıyla düzenli basınç oluşturan sistemler üretilmiştir. Bunlar; EndoSafe (VPro; Vista Dental, Racine, WL), RinsEndo (Dürr Dental GmbH & Co, Bittigheim-Bissingen, Almanya) ve EndoVac (Discus Dental, Kaliforniya, ABD) sistemleridir.

2.1.2.5.1 Endosafe

EndoSafe (VPro; Vista Dental, Racine, WL) irrigasyon aktivasyon sistemi fleksibl, 30 gauge iğne ucuna özel bir bağlantıyla birleştirilen sakşın ucundan oluşmaktadır. Solüsyon irrigasyonla eş zamanlı olarak kök kanalından uzaklaştırılmaktadır. İrrigasyon solüsyonu kök kanalında çalışma uzunluğunun tümüne verilebileceğinden geleneksel iğne irrigasyonuna göre kök kanalında daha etkin irrigasyon sağlayacağı düşünülmektedir. Fakat Endosafe ve geleneksel iğne irrigasyonu yönteminin karşılaştırıldığı bir çalışma sonucunda iki sistem arasında apikal alandaki debrisin uzaklaştırılması bakımından anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (Sarno ve ark., 2012).

2.1.2.5.2 RinsEndo

RinsEndo cihazı (Dürr Dental GmbH & Co KG, Bietigheim-Bissingen, Almanya); ünite takılan başlık, enjektör ve kanülden oluşan negatif basınçlı bir irrigasyon aktivasyon sistemidir (Şekil 7). Sistemle 65 µl irrigasyon solüsyonu 1.6 Hz frekansta titreşim hareketiyle kanüle aktarılmakta ve devamında da aspire edilmektedir. Cihaz bu basınç-vakum döngüsünü dakikada yaklaşık 100 kez yapmaktadır (Gu ve ark., 2009).

Kullanım talimatına göre sistemin kanülünün; kök kanalının koronal üçlüsüne yerleştirilmesi gerekmektedir. Buna rağmen üretici firma tarafından sıvı akışının pulsatif olması sebebiyle kanalın apikal üçlüsünde de etkin bir irrigasyon sağladığı iddaa edilmektedir (Gu ve ark., 2009). RinsEndo irrigasyon aktivasyon sistemiyle irrigasyon solüsyonunun geleneksel iğne irrigasyonu yöntemine kıyasla kök dentinine daha iyi penetre olduğu bildirilmiştir (Hauser ve ark., 2007). Eğimli kanallarda manuel dinamik irrigasyon, RinsEndo irrigasyon sistemi ve EndoActivator'le irrigasyon aktivasyonunun karşılaştırıldığı bir

Çalışmada ise RinsEndo irrigasyon sistemi diğ er yöntemlere göre apikal üçlüde debris uzaklaştırmada daha az etkin bulunmuştur (Caron ve ark., 2010).



şekil 7. RinsEndo cihazı

2.1.2.5.3 EndoVac

EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA) makrokan l, mikrokan l ve ana dağıtım ucundan oluşan apikal negatif basınçlı bir irrigasyon sistemidir (şekil 8) (Schoeffel, 2008). Makrokan l ISO boyutlarına göre çapı 0.55 mm olan tek kullanımlık mavi şeffaf plastikten üretilmiş uçtur ve kök kanal genişliğine bağlı olarak koronal veya orta   l ye yerleştirilerek debrisin uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Mikrokan l ise otoklava girebilen, ISO boyutlarına göre çapı 0.32 mm ve üzerinde 12 adet mikroskobik delik olan paslanmaz elik bir uçtur. Mikrokan l, kök kanalının apikaline konumlandırılmakta ve bu bölgedeki debrisin uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. İrrigasyon; sistemin enjektöründen solüsyonun verilmesi ve fazlasının enjektöre bağlı hortum yardımıyla uzaklaştırılmasıyla olmaktadır. Aynı anda da kanüller negatif basınç uygulayarak, verilen solüsyonun kök kanalının bütününe dağılmasını ve geri çekilerek  niten aspirat r ne ileterek uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Böylelikle pulpa odasındaki solüsyon, negatif basınç sayesinde çalışma uzunluğu boyunca kök kanalına verilmiş olmaktadır (Gu ve ark., 2009).

EndoVac ve geleneksel şırınga yönteminin karşılaştırıldığı bir çalışmada; apikalden irrigasyon solüsyonunun taşma riskinin EndoVac sisteminde daha düşük olduğu bildirilmiştir (Mitchell ve ark., 2010). Ayrıca bu irrigasyon aktivasyon sisteminin ultrasonik ve geleneksel

2.1.3 Lazerler

Endodontide ilk defa Weicman and Johnson tarafından 1971 yılında apikal açıklığı tıkmak amacıyla CO₂ lazer kullanılmıştır (Weichman ve Johnson, 1971). Bu ilk uygulama sonrasında lazer sistemleri geliştikçe endodontideki kullanım alanları da genişlemiştir. Endodontide; teşhiste, dentin hassasiyetinin giderilmesinde, pulpa kuafajında, pulpotomi ve pulpektomi tedavilerinde, kök kanal şekillendirmede ve dezenfeksiyonda lazer cihazları tercih edilmektedir (De Moor ve ark., 2009; Hülsmann ve ark., 2005).

Diş hekimliğinde CO₂, Nd:YAG, Argon, Er,Cr:YSGG, Er:YAG lazer temelli fotonla indüklenen foto-akustik akım (PIPS) lazer türleri denenmiştir. Er:YAG lazerler; inorganik yapı içerisindeki su tarafından absorbe edilerek, doku içerisinde basınç oluşmasına ve dokuların parçalanmasına sebep olmaktadır (Lee ve ark., 2004). Sert doku hatta hidroksiapatite afinitesi yüksek olması sayesinde çürük dokunun ve smear tabakanın uzaklaştırılmasında; su absorpsiyonu yüksek olması sayesinde termal zarar oluşturmadan kök kanalının

dezenfeksiyonunun sağlanmasından dolayı tercih edilmektedir (Kourti ve Pantelidou, 2017; Verstraeten ve ark., 2017).

Lazerle irrigasyon aktivasyonu, irrigasyon solüsyonuna lazer uygulanarak kök kanalında kavitasyonel etki oluşturulmasıyla sağlanmaktadır (Blanken ve ark., 2009). Kavitasyon, akım değişimleri ya da akımdaki dalgalanmalar sonucu sıvıda oluşan gerilim kuvvetlerine bağlı olarak solüsyon içerisinde boşluklar meydana gelmesi olarak adlandırılmaktadır (Ahmad ve ark., 1987). Ayrıca lazerlerin termal etkisi su moleküllerinin genişleme ve büzülmesine sebep olduğundan kök kanalındaki solüsyonda sekonder kavitasyon oluşturmaktadır. Bunun için son yıllarda Er:YAG lazer sistemiyle kombine özel fiber uçlar (PIPS) kullanılmaktadır. PIPS (Photon Induced Photoacoustic Streaming) sistemi, 2940nm dalga boyuna sahip Er:YAG lazer cihazlarında kullanılmaktadır. Uçlar, irrigasyon solüsyonu ile dolu kök kanalına yerleştirilerek kullanılmaktadır. Lazer her atış yaptığında, bu özel uçlarla solüsyonda şok dalgaları oluşturarak ulaşılması güç alanlar dahil tüm kök kanal sisteminde kavitasyon etkisi meydana getirmesi hedeflenmektedir (Olivi ve ark., 2014). Bu sistem sayesinde irrigasyon solüsyonunda meydana gelen hızlı sıvı hareketi kök kanalında etkin bir dezenfeksiyon sağlamaktadır (DiVito ve ark., 2012).

PIPS yöntemi ile irrigasyon aktivasyonunun incelendiği bir çalışmada; kökün apikal kısımlarındaki ve dentin tübüllerindeki bakterilerin tamamen uzaklaştırılamadığı fakat; lazerle aktivasyonun, ultrasonik aktivasyona kıyasla apikal kısımda bakteri ve biofilm tabakasını daha iyi uzaklaştırdığı bildirilmiştir (Peters ve ark., 2011).

2.2 Kanal İçi Medikamentler

Bakteriler kök kanalında bulunabildiği gibi uzun süren bakteri invazyonu sonucu dentin tübüllerinin derin kısımlarında, isthmuslarda, aksesuar kanallarda, apikal dallanmalarda ve ulaşılabilen kök kanal duvarlarında bulunabilmektedirler (Ricucci ve ark., 2009). Kök kanal şekillendirmesi, kök kanallarının irrigasyonu ve kanal içi medikament kullanımı gibi çeşitli antimikrobiyal prosedürler sayesinde kök kanalındaki bakterilerin eliminasyonu sağlanmaktadır (Estrela ve ark., 2009).

Günümüzde modern endodontik prosedürlerde kanal içi medikamentler; çok seanslı endodontik tedavilerde seanslar arası kök kanalında kalan bakterilerin eliminasyonu ve oral

kaviteden gelebilecek bakterilerin koronal invazyonunu önlemek amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır (Tronstad ve ark., 2000).

Kanal içi medikamentler;

- Kemomekanik temizleme aşamasından sonra geride kalan bakterilerin eliminasyonu,
- Pulpa boşluğunda kalmış olan nekrotik doku ve debrislerin uzaklaştırılması,
- Seanslar arasında kök kanalında kalan bakteri artışının önlenmesi,
- Seanslar arası geçici dolgu maddesinden kaynaklanan sızıntıya karşı fiziksel bariyer oluşturması,
- Periapikal dokulardaki enflamasyonun azaltılması ve inatçı periapikal lezyonların kontrolünün sağlanması amacıyla kök kanal tedavilerinde rutin olarak kullanılmaktadır (Chong ve Ford, 1992).

2.2.1 Kanal İçi Medikamentlerin Sınıflandırılması

Endodontik tedavide kanal içi medikament olarak kullanılan antimikrobiyal ajanlar üç ana grupta incelenmektedir (Spångberg ve Haapasalo, 2002). Bu gruplar sırasıyla antiseptikler, antibiyotikler ve kortikosteroidlerdir.

2.2.1.1 Antiseptikler

Antiseptikler canlılara ve canlı yüzeylere dışarıdan uygulanan antimikrobiyal ajanlardır. Endodontide kullanılan antiseptikler kimyasal yapılarına göre 3 gruptur; fenol içeren bileşikler, halojenler ve kalsiyum hidroksit (Ca(OH)_2).

2.2.1.1.1 Fenol İçeren Bileşikler

Ojenol, kafurlu monoklorofenol (CMCP), paraklorofenol (PCP), kafurlu paraklorofenol (CPC), metakresilasetat (Cresatin), krezol, timol ve günümüzde yaygın olarak kullanılan klorheksidin endodontide kullanılan bazı fenol türevleridir. Bu grupta yer alan, uzun bir dönem kullanılmış fakat günümüzde toksisitesi sebebiyle tercih edilmeyen antiseptik medikament camphorated monochlorophenol (CMCP)'dür. Fenol bileşiklerinin kafurlanması toksinlerin

salınımını yavaşlatmakta ve bileşikleri daha az toksik hale getirmektedir (El Karim ve ark., 2007; Kayataş ve ark., 2014; Walton, 1984).

Bu grupta yer alan kanal içi medikamentler, antimikrobiyal etkilerini buharlaşma yoluyla göstermektedirler. Kök kanalına veya pulpa odasına pamuk peletler veya paper pointlerle yerleştirilmektedirler (Spångberg ve Haapasalo, 2002).

- Kafurlu Monoklorofenol (CMCP)

İçeriğinde %35'lik klorofenol ve %65 kafur bulunmaktadır. Antimikrobiyal etkinliğini buharlaşma yoluyla göstermektedir. Kök kanalına yerleştirilen CMCP'nin miktarı, etkinliği açısından önemli bir faktördür(Fager ve Messer, 1986).

Buharlaşabilen bir antiseptik olduğundan kök kanalına taşınırken ve giriş kavitesi kapatılana kadar geçen sürede ilacın büyük bir kısmı buharlaşabilmekte ve kök kanalında bırakılan medikament miktarı azalabilmektedir. Araştırmacılar tarafından pulpa odasına yerleştirilen pamuk peletlerdeki CMCP'nin 1-2 gün içinde %90 azaldığı belirtilmektedir (Menezes ve ark., 2004). Kök kanal duvarlarıyla doğrudan temas edemeyen CMCP, kök kanalının apikal kısmına uygulanan miktarının ayarlanamaması sebebiyle güvenilir olarak nitelendirilmektedir (Spångberg ve Haapasalo, 2002).

CMCP'nin antimikrobiyal etkisinin yüksek olmasına rağmen; kemomekanik işlemlerle kıyaslandığında anlamlı bir farklılık göstermemesi, suda çözünürlüğünün az olması, agarda yavaş salınım göstermesi, kanalın apikal kısmındaki medikament miktarının bilinmemesi ve yüksek sitotoksitesi sebebiyle endodontik tedavide kullanımı azalmıştır.

- Klorheksidin

Klorheksidin (CHX) yüksek konsantrasyonlarda bakteri hücre duvarını tahrip etmekte ve sitoplazmik içeriğin çökmesini sağlayarak bakterisidal etki göstermektedir (Athanassiadis ve ark., 2007). Hem gram negatif hem gram pozitif bakterilere karşı etkili olması sebebiyle CHX, geniş spektrumlu bir antimikrobiyal ajan olarak kabul edilmektedir (Haapasalo ve ark., 2005).

CHX kök kanal duvarlarında 12 hafta boyunca antimikrobiyal etkinliğini sürdürmektedir (Rosenthal ve ark., 2004). Klorheksidin'in jel formu, periapikal dokular üzerine

düşük sitotoksositeye sahiptir. Jelin viskozitesi aktif ajanın dentin tübülleri ve kanal duvarlarıyla uzun süre temasta kalmasını sağlamaktadır (Gomes ve ark., 2003). Kanal içi medikament olarak etkinliği; dentin yüzeyiyle temasta olan klorheksidin molekül miktarına bağlıdır ve yüksek konsantrasyonda uygulanan CHX mikroorganizma kolonizasyon direncini düşürmektedir (Basrani ve ark., 2002). Lin ve ark. (2003) yaptıkları bir çalışmada, yavaş salınımlı %5'lik CHX'nin 7 gün boyunca dentinle teması sonucu yeterli dentin penetrasyonu ve maksimum antimikrobiyal etki sağladığını hatta dentin tübüllerinde 500 µm derinliğe kadar bakteri belirlenemediğini rapor etmişlerdir.

CHX düşük toksisitesi, geniş antibakteriyel spektrumu ve pozitif yüklü kimyasal yapısı sebebiyle kanal içi medikament olarak güvenli kullanılmasına karşın solüsyon olarak hızlı etki edememesi ve organik doku çözücü etkinliğinin olmamasından dolayı tercih edilmemektedir.

2.2.1.1.2 Halojenler

- Klorlu Bileşikler

Klor içeren bileşikler, su ile etkileşime girdiği zaman serbest hipoklorik asit açığa çıkar ve oluşan bu bileşiğin enzimleri okside ve halojenize etmesi ile etki göstermektedir. Bu grupta yer alan ve irrigasyon solüsyonu olarak endodontide kullanılan bileşik %5'lik NaOCl solüsyonu'dur. NaOCl solüsyonu kök kanal irrigasyonunda rutin olarak kullanılırken kanal içi medikament olarak tercih edilmemektedir(Alaçam, 2012).

- İyotlu Bileşikler

İyotlu bileşikler düşük konsantrasyonlarda hızlı etki göstermektedir fakat etki mekanizması tam olarak bilinmemektedir. Etki mekanizmasının protein, yağ asitleri ve nükleotidler gibi anahtar gruplara saldırarak hücre ölümüne yol açması olduğu düşünülmektedir (Haapasalo ve ark., 2005).

Endodontik tedavilerde kanal içi medikament olarak %2'lik iodine potassium iodide (IKI) solüsyonu kullanılmaktadır. *E. faecalis*'in büyümesinin engellenmesinin incelendiği bir çalışmada, %2'lik IKI solüsyonu uygulanan dentin tübül yüzeylerinde 1-2 saat sonra etkili bir şekilde büyümenin engellendiği fakat Ca(OH)₂ patının uygulandığı yüzeylerde 24 saat sonra bile pozitif kültür elde edildiği bulunmuştur (Safavi ve ark., 1990). İyotlu bileşiklerden

endodontide kullanılan IKI solüsyonu hızlı etkili, antimikrobiyal aktiviteye sahip, kolay inhibe edilemeyen bir kanal içi medikament olarak göze çarpmaktadır (Athanassiadis ve ark., 2007).

- İyodoforlar

İyot taşıyıcı olarak nitelendirilen iyodoforlar serbest iyodun rezervuarı olarak görev almaktadırlar (Haapasalo ve ark., 2005). Torneck (1976) yılında povidone-iodine solüsyonunun endodontik irrigasyon solüsyonu olarak kullanılmasını savunmuştur (Barnhart ve ark., 2005). Sebebi ise, mikroorganizmalara karşı hızlı antimikrobiyal aktivitesi, düşük toksisitesi, diğer iyot içeren kanal içi medikamentlerden daha az alerjik reaksiyona sebep olması ve daha az dentin renkleşmesine neden olmasıdır (Athanassiadis ve ark., 2007). Ayrıca povidone, iyodun suda çözünürlüğünü azaltarak iyodun ortama daha yavaş diffüze olmasını sağlamaktadır. Bu nedenle de bakterisid etkisi diğer iyotlu bileşiklerden daha geç başlamaktadır (Alaçam, 2012).

İyot küçük molekül yapısından ve negatif yüklü olmasından dolayı plasentadan kolay geçebilmekte ve teratojendir. Bu nedenle gebelerde kullanımı tavsiye edilmemektedir. Ayrıca hipertiroidi ve tirotoksikozlu hastalarda da endodontik tedavide iyotlu bileşiklerin kullanımdan kaçınmak gerekmektedir (Alaçam, 2012).

2.2.1.1.3 Kalsiyum Hidroksit

1920'lerden beri diş hekimliğinde kullanılan kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), günümüzde kanal içi medikament olarak en çok tercih edilen antiseptiktir (Tang ve ark., 2004). Bakterilerin yaşayabileceği maksimum pH seviyesinin 11 civarlarında olduğu bilinmektedir. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in bakterisidal etki mekanizmalarından en önemlisi de yüksek alkali ortam (pH 12.5-12.8) yaratarak bakterileri yok etmesidir (Byström ve Sunqvist, 1985).

Kalsiyum hidroksit'in letal etkileri biyolojik ve fiziksel olarak ikiye ayrılmaktadır. Biyolojik etkileri; mikroorganizmalarda sitoplazmik membran hasarı, enzim aktivitesinin baskılanması, hücre metabolizmasında düzensizliğe yol açmak ve bakteri DNA replikasyonunun inhibisyonudur. Fiziksel etkileri ise kanal içinde mikroorganizmalara karşı fiziksel bir bariyer olması ve kanal içini tamamen doldurarak besin girişini engellemesidir (Siqueira Jr ve Lopes, 1999). $\text{Ca}(\text{OH})_2$ suda düşük çözünürlüğe sahip bir kimyasal ajandır;

çözünürlüğünün düşük olması canlı dokularda kısa sürede rezorbe olmasını önleyerek etki süresinin uzamasını sağlamaktadır (Fava ve Saunders, 1999).

Kalsiyum hidroksit pat formunda kök kanalına uygulanmaktadır. Kalsiyum hidroksitin pat formu apikal bariyer sağlaması ve kök kanalını doldurarak mevcut mikroorganizmaların besin almalarını engellemesi sebebiyle avantajlı olarak görülürken, kök kanalından kolay uzaklaştırılamaması dezavantajı olarak değerlendirilmektedir (Athanassiadis ve ark., 2007).

Düşük diffüzyon kabiliyeti ve suda az çözünmesi sebebiyle biyouyumlu olarak nitelendirilmektedir. Ca(OH)_2 patı antimikrobiyal aktivitesi, lipopolisakkariti (LPS) inaktive edebilmesi, etkinliğini uzun süre koruması ve sert doku oluşumuna yardımcı olması sayesinde periapikal dokuların ve enfekte kök kanalının iyileşmesini sağlamakta buna ek olarak kök rezorpsiyon mekanizmasını inhibe etmektedir (Lin ve ark., 2003).

Chamberlain ve ark. (2009) yaptıkları çalışma sonucunda kanalın tamamen kalsiyum hidroksitle dolu olmasının etkinliğini arttırdığını, 14. günden sonra medikamentin etkinliğinin azaldığını ve 28. Günden sonra pH'ın boş olan kök kanallarına yakın olduğunu bildirmişlerdir.

Portenier ve ark. (2001) yaptıkları çalışmalarında dentin tozunun, sıgır serum albüminin ve hidroksiapatitin Ca(OH)_2 üzerine inhibitör etkilerini incelemiş; 24 saat sonra doymuş Ca(OH)_2 'in E. Faecalis üzerine tüm antibakteriyel etkinliğini kaybettiğini belirtmişlerdir.

2.2.1.2 Antibiyotikler

Antibiyotikler endodontide sistemik, lokal veya profilaktik olarak kullanılmaktadır. Sistemik yolla alınan antibiyotikler alerjik reaksiyon, toksisite, yan etkiler ve dirençli mikroorganizma suşları oluşmasına sebep olmaktadır. Ayrıca ilacın sistemik olarak alınması ve kan dolaşımıyla enfekte alana ulaşmasının da zor olduğu düşünülmektedir (Mohammadi ve Abbott, 2009). Bu sebeplerle antibiyotiklerin lokal olarak kanal içine uygulanması daha etkili bir seçenek olduğu bildirilmiştir (Gilad ve ark., 1999).

Endodontik tedavide kullanılan ilk lokal antibiyotik; 1951'de Grossman adlı araştırmacının PBSC (Penisilin, Basitrasin, Streptomisin, Sodyum kaprilat) olarak bilinen poli antibiyotik patıdır (Grossman, 1951). Fakat penisiline karşı gelişebilecek alerjik reaksiyonlar sebebiyle 1975 yılında Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi tarafından yasaklanmıştır.

Enfekte kök kanalında lokal antibiyotik olarak genellikle geniş spektrumlu antibiyotikler tercih edilmektedir. Fakat en doğru yöntem; kök kanalından kültür alındıktan ve hastanın antibiyotik duyarlılık testine yönlendirilip sonuçları değerlendirildikten sonra antibiyotik seçmektir (Alaçam, 2012).

Lokal antibiyotik uygulamasında tercih edilen içeriğinde antibiyotik bulunan kanal irriganları ve kanal içi medikamentler; tetrasiklinler, MTAD, Septomixine Forte, Tetraclean, Ledermix patı, Klindamisin, Metronidazol ve Üçlü Antibiyotik patı'dır. Bunlardan kanal içi medikament olarak karşımıza çıkanlar ise tetrasiklinler, metronidazol, klindamisin, üçlü antibiyotik patı, Ledermix (Lederle Pharmaceutical, Wolfrathausen, Almanya) ve Septomixin B (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Fransa)'dir.

2.2.1.2.1 Tetrasiklin

Bu grupta geniş spektrumlu antibiyotik olan, tetrasiklin HCl, minosiklin, demoksisiklin, doksisisiklin bulunmaktadır (Torabinejad ve ark., 2003). Tetrasiklinler antimikrobiyal etkileri dışında, kollajenaz inhibisyonu, doku yıkımı ve klastik hücrelerin inhibisyonu yoluyla rezorpsiyonu engellemektedirler (Bryson ve ark., 2002; Mohammadi ve Abbott, 2009). Endodontide tetrasiklinler; kemomekanik işlemin tamamlandığı kök kanallarında smear tabakasının uzaklaştırılmasında, periapikal cerrahi sırasında kök ucu kavitelerinin irrigasyonunda ve kanal içi ilaç olarak kullanılabilir (Barkhordar ve ark., 1997; Haznedaroğlu ve Ersev, 2001).

2.2.1.2.2 Metronidazol

Gram pozitif-negatif basil ve anaerobik koklar üzerine etkili bir antibiyotiktir ve periodontal enfeksiyonların tedavisinde sistemik ya da lokal olarak kullanılmaktadır. Roche ve Yoshimori (1997) yaptıkları çalışmalarında, odontojenik abselerden izole edilen anaeroblara karşı yüksek aktiviteye sahip olduğu ve buna karşılık aeroblara karşı etkili olmadıkları sonucuna varmışlardır.

2.2.1.2.3 Klindamisin

Birçok endodontik patojen üzerine etkili olan bu antibiyotik siyah pigmentli prevotella ve porphromonas türleri üzerine daha etkilidir (Gilad ve ark., 1999). Kalsiyum hidroksit gibi sıklıkla kullanılan kanal içi medikamentlere ek bir etki göstermemesi sebebiyle rutin kullanımda önerilmemektedir.

2.2.1.2.4 Üçlü Antibiyotik Patı

Kök kanal sisteminde görülen enfeksiyon tipi polimikrobiyal olarak nitelendirilmektedir. Bu sebeple tek bir antibiyotik tipinin kök kanalını etkili bir şekilde dezenfekte etmede yeterli olamayacağı düşünülmektedir. Farklı antibiyotiklerin kombine olarak kullanılmasının dirençli bakteri suşları oluşması olasılığını azaltacağı bilinmektedir. En umut verici antibiyotik kombinasyonu; Metronidazol, Siprofloksasin ve Minosiklinden oluşmaktadır (Windley ve ark., 2005).

Endodontik tedavilerde antibiyotiğin lokal olarak kullanıldığı tedavi yöntemlerinden biri “Lezyon Sterilizasyonu ve Doku Tamiri” (LSDT) tedavisidir. Bu yöntem, Japonya’da bir grup araştırmacı tarafından geliştirilmiştir (Hoshino, 1990, 1998; Iwaku ve ark., 1996). Bu tedavi yönteminde dentin, pulpa ve periradiküler dokuları içeren enfeksiyonların dezenfeksiyonunda antibakteriyel ilaç kombinasyonu kullanılmaktadır. Böylelikle hem lezyon dezenfekte edilmekte hem de hasarlı dokuların tamiri sağlanmaktadır. Ayrıca bu yöntemle daha kontrollü, etkili ve hızlı bir iyileşme elde edileceği düşünülmektedir.

Üçlü antibiyotik patı; ticari olarak satılan metronidazol, siprofloksasin ve minosiklin içeren antibiyotiklerin kapsülleri uzaklaştırıldıktan sonra ayrı ayrı toz haline getirilerek 1:1:1 oranında karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Toz antibiyotik karışımı propilen glikol, macrogol veya serum fizyolojikle karıştırılarak kök kanalına taşınmaktadır (Hoshino ve ark., 1996).

Üçlü antibiyotik patının içeriğinde bulunan minosiklin dentinde renkleşmeye sebep olmaktadır. Bu nedenle kullanımı sırasında koronal kök kanal duvarlarıyla temasından kaçınılmalıdır (Kim ve ark., 2010). Kök kanal duvarlarındaki renkleşmenin önüne geçebilmek için üçlü antibiyotik patının farklı varyasyonları denenmiştir (Bezgin ve ark., 2014). Üçlü antibiyotik patının içerisinde minosiklin çıkartılmış hali ikili antibiyotik patı, minoksilin

yerine sefaklor eklenmiş hali ise modifiye üçlü antibiyotik patı (mTAP) olarak isimlendirilmiştir (Thibodeau ve Trope, 2007; Trope, 2010).

Sonuç olarak antibiyotiklerin kombine olarak kullanımının ayrı ayrı kullanımından daha etkili olduğu ve mikroorganizma suşlarının direnç kazanmasını engellediği düşünülmekte ve bu kombinasyonun etkinliği yapılan çalışmalarla desteklenmektedir (Hoshino ve ark., 1996; Sato ve ark., 1996; Windley ve ark., 2005).

2.2.1.2.5 Ledermix

1960 yılında Shroeder ve Triadan tarafından geliştirilmiş ve 1962’de kullanıma sunulmuş olan Ledermix patının içeriğinde kortikosteroid ve antibiyotik bulunmaktadır (Athanassiadis ve ark., 2007). İçeriği yıllar içerisinde değişime uğramıştır. İçeriğinde polietilen glikol baz ile birlikte, antibiyotik olarak tetrasiklin ve demoksisiklin HCl (3.2 konsantrasyonda), kortikosteroid olarak ise triamkinolon asetonit (%1 konsantrasyonda) bulunmaktadır (Athanassiadis ve ark., 2007).

Ledermix patının içeriğindeki tedavi edici bileşenler semente penetre olarak periapikal dokulara ulaşabilmektedir. Patın içeriğindeki demoksisiklinin konsantrasyonu bakteri suşlarına etki edebilecek düzeydedir fakat difüzyon yoluyla periradiküler bölgelere ulaşan düzeyi bakteriler üzerine etkili olamamaktadır (Abbott ve ark., 1990). Periodontal dokulara zararı olmadığından Ledermix patı travma görmüş dişlerdeki enflamatuvar kök rezorpsiyonunun tedavisinde tercih edilmektedir (Abbott, 1990). Ayrıca Ledermix patının günümüzde hem replasman hem de enflamatuvar kök rezorpsiyonunu engellediği bilindiğinden replantasyondan hemen sonra kullanılmaktadır (Athanassiadis ve ark., 2007).

2.2.1.2.6 Septomixin Forte

Septomixin Forte (Septodont, Saint-Maur, Fransa) içeriğinde iki farklı antibiyotik (Neomisin ve Polimiksin B sülfat) bulunduran bir preparattır. Neomisin gram negatif bakteriler üzerine bakterisid etki gösterirken, bakteroides ve mantarlar üzerine etkili değildir. Polimiksin B sülfat ise gram pozitif bakteriler üzerine etki göstermemektedir (Tang ve ark., 2004). Bu sebeple bu antibiyotiklerin her ikisi de endodontik tedavi sırasında uzaklaştırılmak istenen bakterilere karşı tam anlamıyla etkili değildir (Abbott ve ark., 1990). Tang ve ark. (2004)

yaptıkları çalışmalarında, seanslar arası bir haftalık Septomixin Forte uygulamasının kanal içerisindeki bakterilerin üremesini engelleyemediği sonucuna varmışlardır.

2.2.1.3 Kortikosteroidler

Kortikosteroidler mast hücrelerini stabilize ederek, histaminin açığa çıkışını durdurmakta ve histaminaz salınımını arttırmaktadır. Böylelikle kinin, prostoglandin ve diğer endojen medyatörlerin açığa çıkması engellenerek alıcı hücredeki etkisi durdurulmaktadır. Sonuç olarak iltihabın sebep olduğu vazodilatasyonun önüne geçilmektedir. Kortikosteroidlerin immun sistemi baskılayıcı etkisi araştırmacılar tarafından kanal içi medikament olarak kullanımının araştırılmasına sebep olmuştur. Ancak klinik belirtileri ortadan kaldırdığı için tercih edilen kortikosteroidlerin aynı zamanda konak savunmasını baskıladığı için periapekte bakteri yayılımının artmasına sebep olabilmektedir.

Kortikosteroidler nekrotik pulpalı dişlerde etkili değildir; buna sebep olan üç mekanizma olduğu iddia edilmektedir. Bunlar; periapekte çıkan kortikosteroid miktarının bu bölgede prostaglandin sentezini inhibe edecek düzeyde olmaması, kortikosteroidlerin bakterilere karşı etkisiz olması ve kanal içinde kalan nekrotik pulpa dokusu ile bakterilerin iritan etkilerinin devam etmesidir. Bu sebeple nekrotik pulpalı dişlerde kullanımı pek önerilmemektedir (Messer ve Chen, 1984).

Kortikosteroidler; kök kanal aletlerinin periapeksi mekanik olarak irrite ederek duyarlılık olduğu durumlarda, enfeksiyon şüphesi olmayan periapikal duyarlılığın olduğu durumlarda, enfeksiyon durumunda yüksek doz lokal antibiyotik ile birlikte, kanal içi herhangi bir ilacın periapikal bölgede duyarlılığa sebep olduğu durumlarda endikedir. Fakat enfeksiyon varlığında, bakteriyemi riski taşıyan hastalarda, fokal enfeksiyon riski olan dişlerde kontrendikedir (Alaçam, 2012; El Karim ve ark., 2007).

Genellikle bakterilerin periapikal bölgelere rahatlıkla yerleşmelerine engel olmak amacıyla antimikrobiyal ajanlarla birlikte kullanımı tercih edilmektedir. Bu amaçla ülkemizde yüksek doz antibiyotikle birlikte kortizol içeren göz pomatları ve damlaları kullanılabilir. Tetra-cortil, Cortisporin, Ledermix, Mycolog tercih edilebilecek preparatlardandır (Alaçam, 2012). Sıvı formdaki preparatlar steril paper pointlerle; pat

formundaki preparatlar lentülo yardımıyla kök kanalına uygulanabilmektedir. Kök kanalından uzaklaştırmak için ise kanal içi serum fizyolojikle yıkanmalıdır.

2.3 Kök Kanal Tedavisinde Kullanılan materyallerin Dentin Tübül Penetrasyon Derinliğine Etkisinin İncelendiği Yöntemler

Dentin tübül penetrasyonunun değerlendirilmesi için stereomikroskop, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve lazer taramalı konfokal mikroskop (CLSM) kullanılmaktadır (Bolles ve ark., 2013; De Deus ve ark., 2004; Kokkas ve ark., 2004).

Stereomikroskop ile radiküler dentin ve kök kanal patı ayırt edilemediğinden günümüzde kullanılmamaktadır (Chandra ve ark., 2012). SEM’le inceleme yapabilmek için numunelere altınla kaplanması gibi özel işlemler gerekmesi, düşük büyütmede ayrıntılı görüntü elde edilememesi ve sistematik analizin zorlaşması sebebiyle günümüzde endodontik materyallerin dentin tübül penetrasyonunun değerlendirilmesi için CLSM tercih edilmektedir (Chandra ve ark., 2012; Mamootil ve Messer, 2007).

2.3.1 Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop (Confocal Laser Scanning Microscope CLSM)

Lazer taramalı konfokal mikroskop (CLSM), konvansiyonel mikroskop ile bulanık görüntü veren nesnelerin görüntülerinin daha net elde edilmesi amacıyla geliştirilmiştir. 1957’de Marvin Minsky tarafından patentlenmiş; standart bir teknik olarak görülmesi ise 1980’lerin sonuna doğru gerçekleşmiştir. İstenilen derinliklerde yüksek çözünürlüklü optik görüntüler elde edilebilmektedir (Pawley, 2010).

Lazer taramalı konfokal mikroskopla örnek nokta-nokta ışıklandırılır. Bunun için önceki dönemde güçlü ışık kaynakları kullanılırken günümüzde ışık kaynağı olarak lazer kullanılmaktadır (Minsky, 1988; Semwogerere ve Weeks, 2005). Objektif lensi floresan boyayla işaretlenmiş örnek üzerindeki tek bir küçük noktaya odaklanarak taranan örneğin görüntüsü yüksek çözünürlükte elde edilmektedir.

Lazer taramalı konfokal mikroskopla inceleme yapılabilmesi için dentin tübül penetrasyonu incelenecek materyale eser miktarda florasan madde (Rhodamine B) eklenmesi

gerekmektedir (Paulo ve ark., 2006). Eser miktardaki florasan boyanın; materyallerin fiziksel özelliklerinde değişikliğe etkisi olmadığı bilindiğinden güvenle kullanılmaktadır (Patel ve ark., 2007).

Diğer yöntemlere göre örneğin incelenebilmesi için hazırlanma süreci gerektirmemesi, inceleme esnasında örneğin nemli kalabilmesi, daha düşük büyütmelede yüksek çözünürlüklü görüntü elde edilebilmesi, görüntüde daha az artefakta sebep olması, eklenen florasan boya sayesinde incelenmek istenen materyalin dentin tübülünden daha kolay ayırt edilebilmesi ve incelenen örneğin vertikal ekseninden alınan görüntülerin birleştirilmesi ile üç boyutlu rekonstrüksiyonun mümkün olması bu yöntemin avantajı niteliğindedir (Bitter ve ark., 2004; Mamootil ve Messer, 2007; Patel ve ark., 2007; Semwogerere ve Weeks, 2005).

Lazer taramalı konfokal mikroskop, endodontide; kök kanal dolgu patlarının (General ve ark., 2017; Patel ve ark., 2007), kanal içi medikamentlerin (Deniz Sungur ve ark., 2017), kök kanal irrigasyon solüsyonlarının (Gu ve ark., 2017) dentin tübül penetrasyonunun değerlendirilmesinde, endodontik mikrobiyolojide (Arias ve ark., 2016), kök kanal dolum tekniklerinin değerlendirilmesinde (Nikhil ve Singh, 2013) ve final irrigasyon aktivasyon sistemlerinin değerlendirilmesinde (Bolles ve ark., 2013) kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında dört farklı final irrigasyon aktivasyon sisteminin (EndoActivator, XP-endo Finisher, pasif ultrasonik irrigasyon ve geleneksel iğne irrigasyonu) iki farklı kök kanal medikamentinin (kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ve modifiye üçlü antibiyotik patı (mTAP)) dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliğine etkisi lazer taramalı konfokal mikroskop altında incelenmiştir. Çalışmanın sıfır hipotezi; hem final irrigasyon aktivasyon sistemlerinin hem de kanal içi medikament çeşidinin dentin tübül penetrasyonuna etkisinin olmamasıdır.

3 GEREÇ YÖNTEM

Bu tez çalışması Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda planlanmıştır. Çalışmaya ait deneyler Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Bilimsel Araştırma Laboratuvarı'nda ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Çalışmada insana ait dokular kullanılacağından etik kurul onayı Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Girişimsel Olmayan Etik Kurul Komisyonu'ndan 2019/03-05 sayılı kararla alınmıştır ve çalışma TDH-2019-8042 nolu proje olarak Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

3.1 Örneklerin Seçilmesi ve Kök Kanallarının Hazırlanması

Çalışmada periodontal veya ortodontik sebeplerle çekilmiş 96 adet tek köklü apikal gelişimini tamamlamış mandibular premolar diş kullanılmıştır. Dişler stereomikroskop altında incelenmiş; çatlak veya kırık bulunan dişler çalışmaya dahil edilmemiştir. Sonrasında dişlerden mezio-distal ve bukkal-palatinal yönde radyografiler alınarak, dişlerin tek kanallı olup olmadığı kontrol edilmiştir. Çalışmaya kök kanalında kalsifikasyon olmayan, kök kanalında 10°'den fazla kurvatür olmayan, kökte rezorpsiyon olmayan ve kök boyu en az 12 mm olan dişler dahil edilmiştir (Şekil 9). Dişlerin üzerindeki yumuşak ve sert doku birikintileri küret kullanılarak temizlenmiş, kullanılabilecek kadar oda sıcaklığında distile su içerisinde bekletilmiştir.

Dişlerin krown kısımları, kök boylarını 12 mm olacak şekilde standardize etmek amacıyla su soğutması altında elmas separe ile uzaklaştırılmıştır. Giriş kavimleri açılarak kanala 15 numaralı K tipi eğe (VDW, Münih, Almanya) yerleştirilmiş ve eğenin apikalde görüldüğü boydan 1 mm kısa olacak şekilde çalışma boyu tespit edilmiştir. Tüm örneklerin apikalleri tırnak cılasıyla kapatılmıştır.

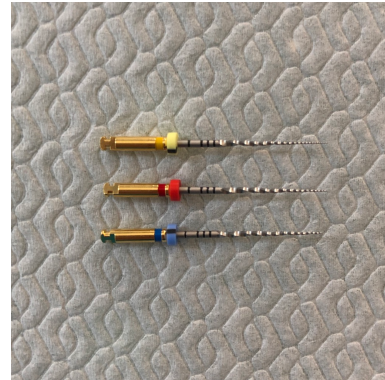


Şekil 9. Çalışmada kullanılan mandibular premolar diş örnekleri

Tüm örnekler, tek operatör tarafından X-Smart Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) endodontik motora takılı Protaper Next (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) döner eğe sistemiyle X3'e kadar şekillendirilmiştir. Şekillendirme işlemi esnasında her eğe değişiminde irrigasyon solüsyonu olarak 2 mL %5,25'lik NaOCI solüsyonu (Microvem AF, İstanbul, Türkiye) kullanılmıştır. İrrigasyon solüsyonu; 5 mL dental enjektör ve 27 gauge dental iğne ucu çalışma boyunun üçte ikisine ulaşacak şekilde ayarlanarak apiko-koronal yönde serbestçe hareket ettirilerek, basınçsız bir şekilde kök kanalına verilmiştir. Bu tez çalışmasında kullanılan irrigasyon solüsyonları Şekil 10'da, kullanılan döner eğe sistemine ait eğeler ve endodontik motor sırasıyla Şekil 11'de ve Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 10. NaOCI/EDTA solüsyon.



Şekil 11. Protaper Next döner eğe sistemi



Şekil 12. X Smart Plus endodontik motor

3.2 Final İrrigasyon Aktivasyon İşlemi

Şekillendirme ve genişletme işlemi tamamlandıktan sonra örnekler, kullanılacak final irrigasyon aktivasyon sistemine göre rastgele 4 gruba (n=24) ayrılmıştır. Kök kanallarının final irrigasyon işlemi için 5 mL %17 EDTA solüsyonu (Imicryl, Konya, Türkiye) ve 5 mL %5,25 NaOCl solüsyonu kullanılmıştır.

Grup 1: Örneklerin final irrigasyonu, irrigasyon solüsyonlarının EndoActivator'ün (DenstplyMaillefer, Baillagues, İsviçre) kırmızı (25.04) ucu (Şekil 13) çalışma uzunluğunun 1 mm gerisinde konumlanacak şekilde çalıştırılarak 20 saniyelik 3 periyot olmak üzere 1'er dakika boyunca aktive edilmesiyle tamamlanmıştır.



Şekil 13. EndoActivator ve 25/04 polimer uç

Grup 2: Örneklerin final irrigasyonu, irrigasyon solüsyonlarının XP-endo Finisher (FGK Dentaire, La Chaux- de-Fonds, İsviçre) ege ile 20 saniyelik 3 periyot olmak üzere 1'er dakika boyunca aktive edilmesiyle tamamlanmıştır. Aktivasyon işlemi için XP-endo Finisher

eğ e (Şekil 14) 800 rpm hızında 1 Ncm torkla çalışacak şekilde ayarlanan X-Smart Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) endodontik motora takılmış (Şekil 15) ve çalışma uzunluğunun 1mm gerisinde konumlandırılmıştır.



Şekil 14. XP-endo Finisher eğ e

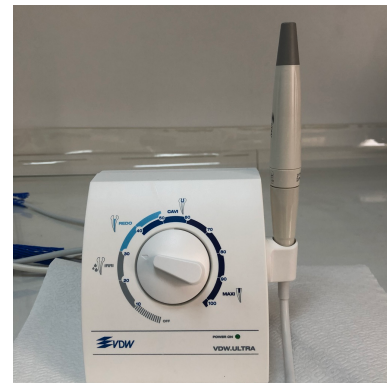


Şekil 15. 800 rpm/1 N tork ayarlı endodontik motor

Grup 3: Örneklerin final irrigasyonu, irrigasyon solüsyonlarının 20 saniyelik 3 periyot olmak üzere toplamda 1'er dakika boyunca pasif ultrasonik irrigasyonla aktive edilmesiyle tamamlanmıştır. İşlem pasif ultrasonik irrigasyon cihaz (VDW, Münih, Almanya) 30 ile belirtilen gücünde ayarlanarak cihazın 21 mm'lik IRR20 ucu (Satelec Acteon Group, Merignac, Fransa) çalışma uzunluğundan 1 mm geride konumlandırılarak gerçekleştirilmiştir. İşlemd e kullanılan ultrasonik uç ve VDW Ultra ultrasonik cihaz sırasıyla Şekil 16 ve Şekil 17'd e gösterilmiştir.

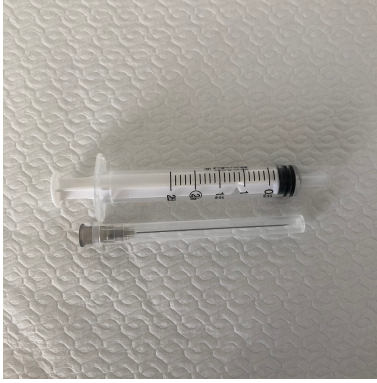


Şekil 16. Ultrasonik uç



Şekil 17. VDW Ultra ultrasonik cihaz

Grup 4 (kontrol grubu): Örneklerin final irrigasyonu, irrigasyon solüsyonlarının 1'er dakika boyunca 27 gauge dental iğ ne ucunun (Şekil 18) apiko-koronal yönde sürekli hareket ettirilmesiyle tamamlanmıştır.



Şekil 18. Dental enjektör ve 27 Gauge iğne ucu

Tüm örnekler final irrigasyon aktivasyon işleminden sonra 2 mL distile suyla irrig edilmiş ve irrigasyonun ardından dişler steril paper-pointlerle kurutulmuştur.

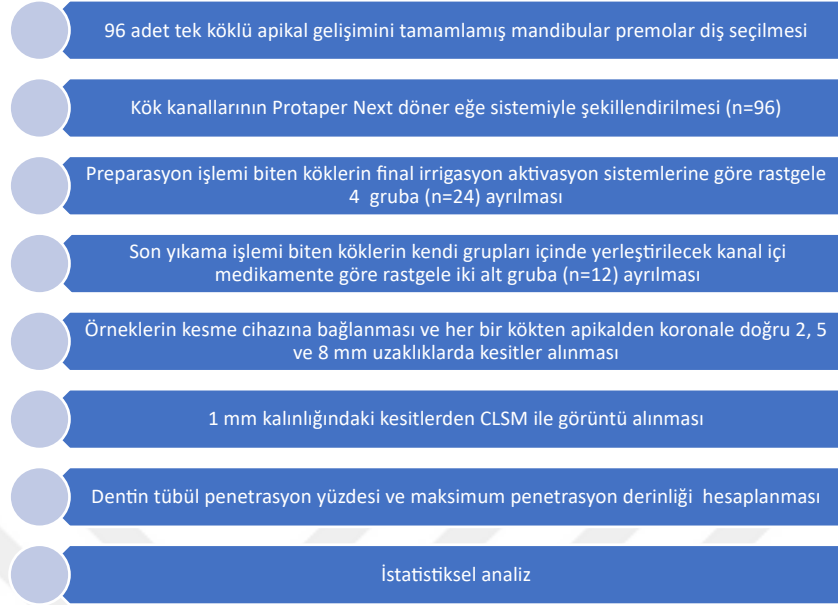
3.3 Kök Kanallarına Kanal İçi Medikamentlerin Yerleştirilmesi

Final irrigasyon aktivasyonundan sonra tüm örnekler rastgele iki alt gruba ayrılmıştır. Alt grup A’da (n=12) kanal içi medikament olarak kalsiyum hidroksit (Kalsin, Aktu Tic, İzmir, Türkiye); Alt grup B’de modifiye üçlü antibiyotik patı (mTAP) kullanılmıştır. mTAP; siprofloksasin (Cipro 500 mg; Biofarma Pharm Ind Ltd, İstanbul, Türkiye), metronidazol (Flagyl 500 mg; Sanofi Aventis Pharm Inc Co, İstanbul, Türkiye) ve sefaklor’un (Sanocef 750 mg film tablet, Actavis, İstanbul, Türkiye) 1:1:1 oranında distile su yardımıyla karıştırılmasıyla hazırlanmıştır. Örneklerin Konfokal Lazer Mikroskop altında incelenebilmesi için kanal içi medikamentlere eser miktarda (%0,1 oranında) Rhodamine B florasan madde (Merck Chemistry) eklenmiştir (Akçay ve ark., 2016).

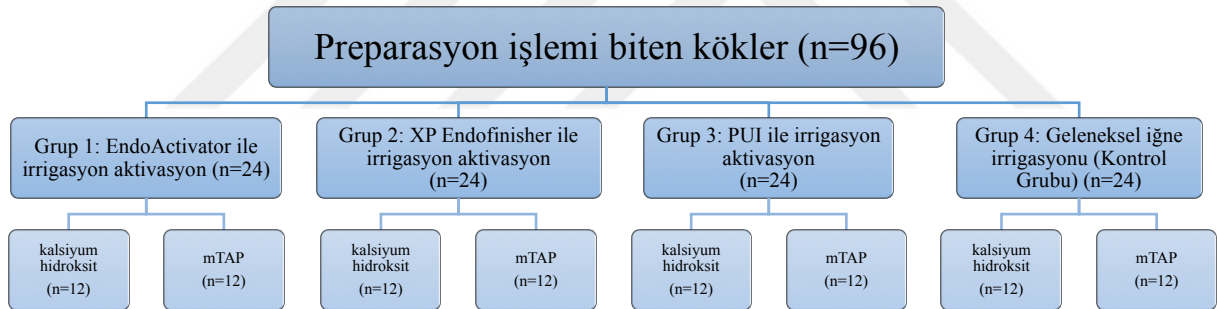
Her alt grup için taze hazırlanan florasan madde eklenmiş olan kanal içi medikamentler; endodontik motora takılı 800 rpm hızda çalıştırılan 30 numara lentülo (Şekil 19) yardımıyla kök kanalının apikalinden görüne kadar yerleştirilmiştir. Dişlerin giriş kavimleri pamuk pelet ve geçici dolgu maddesi Cavit-G (3M-ESPE, Minnesota, ABD) ile kapatılarak 24 saat boyunca 37°C sıcaklıkta ve %100 nemde Memmert UN 110 Etüv’de (Memmert GmbH + Co. KG, Schwabach, Almanya) bekletilmiştir (Şekil 20).

Bu tez çalışmasına ait akış şeması ve örneklerin gruplara ayrılması sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 2. Çalışma Akış Şeması



Tablo 3. Örneklerin gruplara ayrılması



Şekil 19. 800 rpm/1 N tork ayarlı endodontik motor



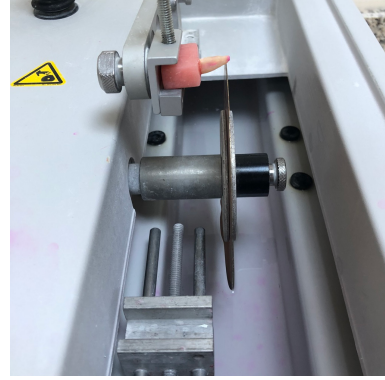
Şekil 20. Memmert UN 110 etüv

3.4 Örneklerin hazırlanması

Giriş kavitelerindeki geçici dolgu maddesi uzaklaştırılan dişler akrilik bloklara sabitlenmiştir. Örnekler kesme cihazına (Şekil 21) (Isomet, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) bağlanmış ve su soğutması altında 0.4 mm kalınlığındaki elmas disk (Metkon, Turkey) kullanılarak her bir kökten; uzun aksa dik olacak şekilde apikalden koronale doğru 2, 5 ve 8 mm uzaklıklarda 1 mm kalınlığında kesitler alınmıştır (Şekil 22).



Şekil 21. İzomet kesme cihazı



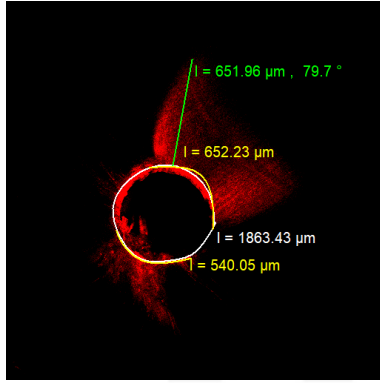
Şekil 22. Akrilik bloğa sabitlenmiş örnekler

3.5 CLSM ile patların dentin tübüllerine penetrasyonunun değerlendirilmesi

1 mm kalınlığındaki 288 kesit; görüntü alınabilmesi için cam lameller üzerine sabitlenmiştir. CSLM (LSM Pascal, Zeiss, Germany) ile 543 nm dalga boyunda helyum lazer kullanılarak inceleme yapılmış ve 4x büyütmede görüntüler kaydedilmiştir. Kaydedilen görüntüler Zeiss LSM Image Browser v.4.2.0 (Carl Zeiss MicroImaging GmbH 1997-2006)

programına aktarılıp dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliği hesaplanmıştır (Şekil 23).

Dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliği; Gharib ve ark. (2007) kullandığı yönteme benzer şekilde, program dahilinde bulunan imaj araçlarının yardımı ile hesaplanmıştır. Dentin tübül penetrasyon yüzdesi; kanal içi medikamentlerin kök kanal duvarına penetre olduğu bölgelerin uzunluğunun toplamının kök kanal duvarı çevre uzunluğuna oranlanmasıyla hesaplanmıştır (Generalı ve ark., 2017). Maksimum penetrasyon derinliği ise; kök kanal duvarıyla, penetrasyonun olduğu en uzak nokta arasındaki mesafenin ölçülmesi ile hesaplanmıştır (Gu ve ark., 2017).



Şekil 23. Dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliği ölçümü

3.6 İstatiksel Analiz

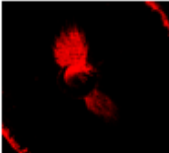
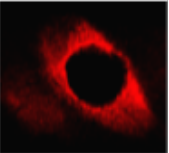
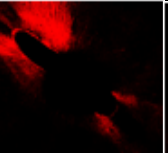
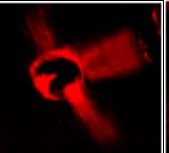
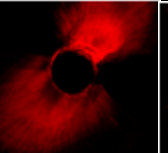
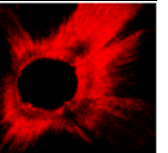
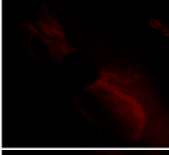
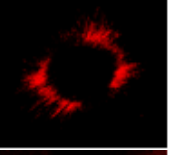
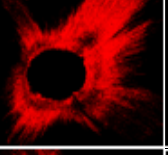
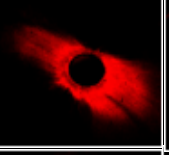
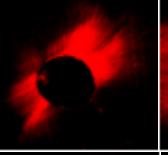
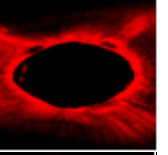
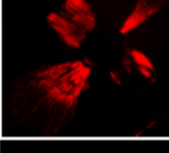
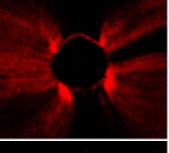
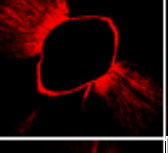
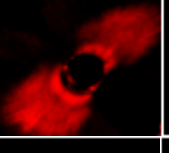
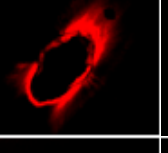
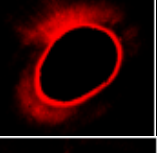
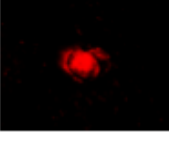
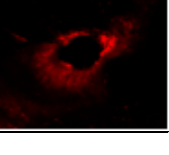
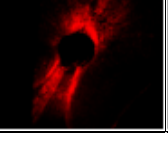
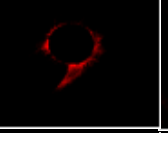
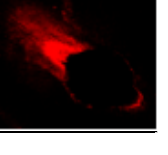
Elde edilen sayısal değerlerin istatistiksel analizi IBM Statistical Package for the Social Science (SPSS) V23 programıyla yapılmıştır. Verilerin normal dağılıma uygunluğu için Shapiro Wilk testi ile çarpıklık ve basıklık değerleri incelenmiştir. Analiz sonucunda veriler normal dağılım gösterdiğinden; irrigasyon aktivasyon yöntemleri, kanal içi medikamentler ve kök kanal bölgelerine göre dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliğine ait ortalama değerler 3 yönlü varyans analizi (three way ANOVA) ile incelenmiştir. Sonuçlar, anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde ve güven aralığı %95 olacak şekilde değerlendirilmiştir.

4 BULGULAR

Çalışmamızda farklı final irrigasyon aktivasyon sistemlerinin (EndoActivator, XP-endo Finisher, pasif ultrasonik irrigasyon ve geleneksel iğne irrigasyonu); kök kanal medikamentlerinin (Ca(OH)_2 ve mTAP) kök kanalının farklı bölgelerindeki (koronal, orta, apikal) dentin tübül penetrasyon yüzdesine ve maksimum penetrasyon derinliğine etkisi incelenmiştir. Kanal içi medikament çeşidine, final irrigasyon aktivasyon sistemine ve kök kanal bölgelerine göre gruplandırılmış lazer taramalı konfokal mikroskop görüntülerinden, her gruba ait rastgele birer görüntü seçilmiş ve Tablo 4’te gösterilmiştir.

Dentin penetrasyon yüzdesine ait 3 yönlü varyans analizi ve çoklu karşılaştırma sonuçları sırasıyla Tablo 5 ve Tablo 6’da gösterilmiştir. Yapılan 3 yönlü varyans analizi sonucunda; final irrigasyon aktivasyon sistemlerinin, kanal içi medikamentlerin ve kök kanal bölgelerinin dentin tübül penetrasyon yüzdesi üzerine istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkili olduğu bulunmuştur ($p<0,001$). Final irrigasyon aktivasyon sistemi, kanal içi medikament çeşidi ve kök kanal bölgelerine göre dentin tübül penetrasyon yüzdesine ait ortalama değerler grafik şeklinde Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 4. Örneklerin lazer taramalı konfokal mikroskop görüntüleri

	Ca(OH) ₂			mTAP		
	2 mm	5 mm	8 mm	2 mm	5 mm	8 mm
EndoActivator ile irrigasyon aktivasyon						
XP Endofinisher ile irrigasyon aktivasyon						
PUI ile aktivasyon						
Geleneksel İğne İrrigasyonu						

Tablo 5. Dentin tübül penetrasyon yüzdesi için 3 yönlü varyans analizi sonuçları

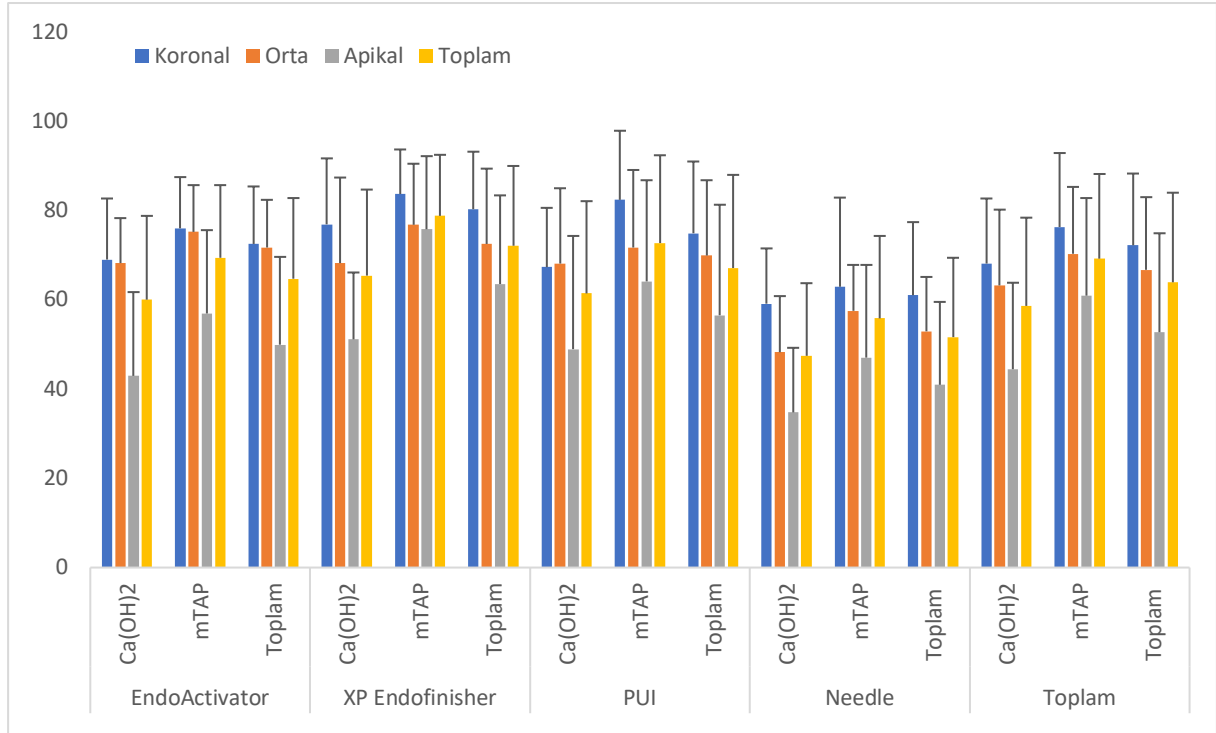
	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p
Final İrrigasyon Aktivasyon Sistemi	16511	3	5503,7	21,200	<0,001
Kanal İçi Medikamentler	8103	1	8103	31,212	<0,001
Kök Kanal Bölgeleri	19410,2	2	9705,1	37,383	<0,001
Sistem * Medikamentler	260,1	3	86,7	0,334	0,801
Sistem * Bölge	1135,9	6	189,3	0,729	0,626
Medikamentler * Bölge	1276,2	2	638,1	2,458	0,088
Sistem * Medikamentler * Bölge	829,2	6	138,2	0,532	0,783

Tablo 6. Dentin tübül penetrasyon yüzdesine ait çoklu karşılaştırma sonuçları

		Koronal*	Orta*	Apikal*	Toplam*
EndoActivator (Grup 1)	Ca(OH) ₂	69,1 ± 13,7	68,3 ± 10,1	43,0 ± 18,8	60,1 ± 18,8
	mTAP	76,1 ± 11,5	75,3 ± 10,5	57,0 ± 18,7	69,5 ± 16,3
	Toplam	72,6 ± 12,9	71,8 ± 10,7	50,0 ± 19,7	64,8 ± 18,1 ^c
XP-endo Finisher (Grup 2)	Ca(OH) ₂	77,0 ± 14,8	68,3 ± 19,2	51,2 ± 15,0	65,5 ± 19,3
	mTAP	83,8 ± 10,0	76,9 ± 13,7	75,9 ± 16,4	78,9 ± 13,7
	Toplam	80,4 ± 12,9	72,6 ± 16,9	63,6 ± 19,9	72,2 ± 17,9 ^b
PUI (Grup 3)	Ca(OH) ₂	67,4 ± 13,3	68,2 ± 16,9	49,0 ± 25,4	61,5 ± 20,7
	mTAP	82,5 ± 15,5	71,8 ± 17,4	64,2 ± 22,7	72,8 ± 19,7
	Toplam	75,0 ± 16,1	70,0 ± 16,9	56,6 ± 24,8	67,2 ± 20,9 ^{bc}
Geleneksel İğne İrrigasyonu (Grup 4)	Ca(OH) ₂	59,2 ± 12,4	48,3 ± 12,6	34,8 ± 14,5	47,5 ± 16,3
	mTAP	63,0 ± 20,0	57,6 ± 10,3	47,1 ± 20,8	55,9 ± 18,5
	Toplam	61,1 ± 16,4	53,0 ± 12,2	41,0 ± 18,6	51,7 ± 17,8 ^a
Toplam	Ca(OH) ₂	68,2 ± 14,6	63,3 ± 17,0	44,5 ± 19,4	58,7 ± 19,8
	mTAP	76,4 ± 16,6	70,4 ± 15,0	61,0 ± 21,9	69,3 ± 19,0
	Toplam	72,3 ± 16,1 ^a	66,8 ± 16,3 ^a	52,8 ± 22,2 ^b	64,0 ± 20,1

a-c: aynı harfe sahip gruplar arasında fark yoktur. *Ortalama ± Standart sapma

Tablo 7. Final irrigasyon aktivasyon sistemi, kanal içi medikamentler ve kök kanal bölgelerine göre dentin tübül penetrasyon yüzdesine ait (%) ortalama ve s.sapma grafiği



Maksimum penetrasyon derinliğine ait çoklu karşılaştırma sonuçları ve 3 yönlü varyans analizi sırasıyla Tablo 8 ve Tablo 9’da gösterilmiştir. Maksimum penetrasyon derinliği üzerine; final irrigasyon aktivasyon sistemlerinin ve kök kanal bölgelerinin istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur ($p<0,001$). Final irrigasyon aktivasyon sistemi, kanal içi medikament çeşidi ve kök kanal bölgelerine göre maksimum penetrasyon derinliğine ait ortalama değerler grafik şeklinde Tablo 10’da gösterilmiştir. Maksimum penetrasyon derinliği üzerine kanal içi medikament ve kök kanal bölgesi etkileşiminin de istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur ($p=0,006$).

Tablo 8. Maksimum penetrasyon derinliğine ait çoklu karşılaştırma sonuçları

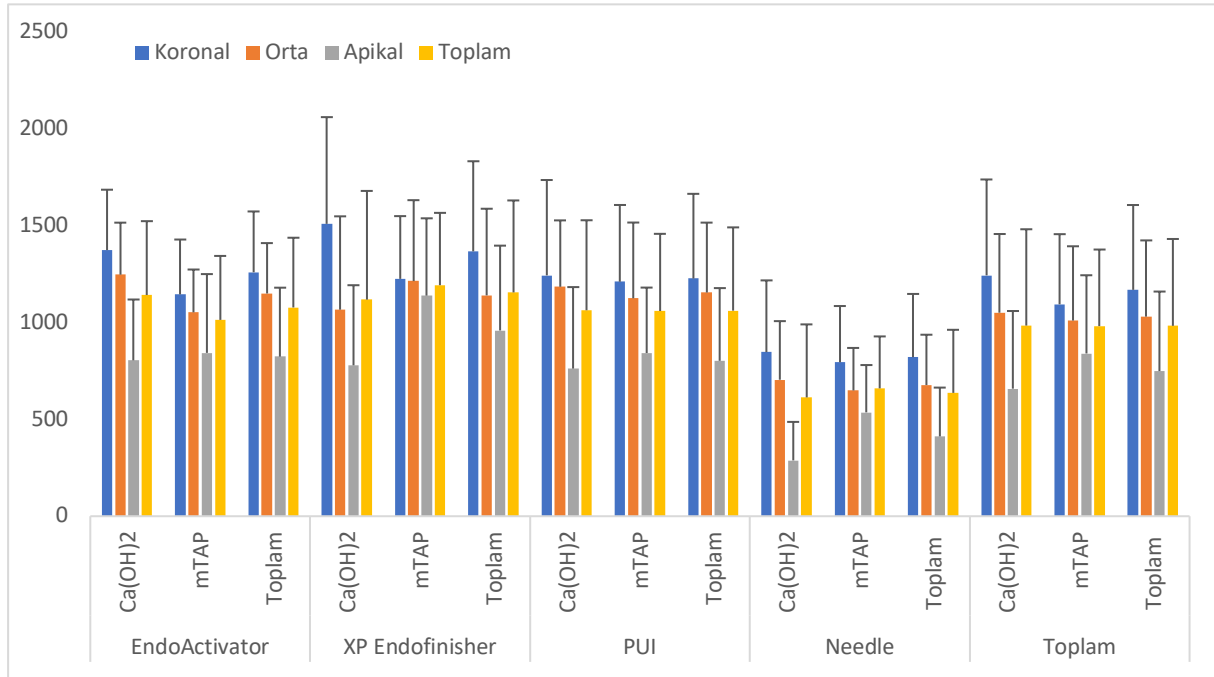
		Koronal*	Orta*	Apikal*	Toplam*
EndoActivator (Grup 1)	Ca(OH) ₂	1373 ± 311,7	1246,2 ± 268,5	804,1 ± 314,1	1141,1 ± 381,3
	mTAP	1144,4 ± 283,2	1051,9 ± 221	842,8 ± 406,5	1013 ± 330
	Toplam	1258,7 ± 313,8	1149,1 ± 260,1	823,4 ± 355,8	1077,1 ± 359,8 ^b
XP-endo Finisher (Grup 2)	Ca(OH) ₂	1508,5 ± 550,6	1065,8 ± 481,5	778,6 ± 413,3	1117,6 ± 560,8
	mTAP	1224,7 ± 323,7	1213,1 ± 417,6	1138,2 ± 398,9	1192 ± 373,2
	Toplam	1366,6 ± 464,9	1139,4 ± 447,1	958,4 ± 437,7	1154,8 ± 474,5 ^b
PUI (Grup 3)	Ca(OH) ₂	1242,6 ± 492,1	1183,8 ± 342,6	761,8 ± 420,4	1062,7 ± 464,4
	mTAP	1209,9 ± 396	1124,5 ± 390,8	842 ± 337,7	1058,8 ± 398,2
	Toplam	1226,3 ± 437,1	1154,2 ± 360,7	801,9 ± 375,1	1060,8 ± 429,5 ^b
Geleneksel İğne İrrigasyonu (Grup 4)	Ca(OH) ₂	846,8 ± 370	704,3 ± 302,3	288 ± 198,7	613 ± 376,8
	mTAP	794,3 ± 290,2	648,9 ± 219,4	535,9 ± 244,1	659,7 ± 268
	Toplam	820,6 ± 326,3	676,6 ± 259,9	411,9 ± 251,8	636,4 ± 325,5 ^a
Toplam	Ca(OH) ₂	1242,7 ± 494,8 ^C	1050 ± 406,1 ^{BC}	658,1 ± 400,7 ^A	983,6 ± 497
	mTAP	1093,3 ± 362 ^C	1009,6 ± 383,2 ^{BC}	839,7 ± 403,6 ^{AB}	980,9 ± 395,1
	Toplam	1168 ± 437,7 ^a	1029,8 ± 393,3 ^b	748,9 ± 410,3 ^c	982,3 ± 448,2

a-c: aynı harfe sahip gruplar arasında fark yoktur. A-C: aynı harfe sahip etkileşimler arasında anlamlı bir fark yoktur, *Ortalama ± Standart sapma

Tablo 9. Maksimum penetrasyon derinliği için 3 yönlü varyans analizi sonuçları

	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p
Final İrrigasyon Aktivasyon Sistemi	11849601,9	3	3949867,3	30,326	<0,001
Kanal İçi Medikamentler	544,7	1	544,7	0,004	0,948
Kök Kanal Bölgeleri	8757363	2	4378681,5	33,619	<0,001
Sistem * Medikamentler	433693,4	3	144564,5	1,11	0,346
Sistem * Bölge	247795,7	6	41299,3	0,317	0,928
Medikamentler * Bölge	1365641,1	2	682820,5	5,243	0,006
Sistem * Medikamentler * Bölge	608365,4	6	101394,2	0,778	0,587

Tablo 10. Final irrigasyon aktivasyon sistemi, kanal içi medikamentler ve kök kanal bölgelerine göre maksimum penetrasyon derinliğine ait (%) ortalama ve s.sapma grafiği



4.1 Final İrrigasyon Aktivasyon Sistemlerine Göre Bulgular

Kök kanal bölgelerine ve kanal içi medikament çeşidine bakılmaksızın farklı final irrigasyon aktivasyon sistemlerinin medikamentlerin dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliği üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu saptanmıştır ($p < 0,001$). En yüksek penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliğini XP-endo Finisher irrigasyon grubu gösterirken; en düşük penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliğini geleneksel iğne irrigasyonu grubu (kontrol grubu) göstermiştir.

XP-endo Finisher ve PUI aktivasyon grubu arasında her iki parametre için de istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmazken ($p > 0,05$); XP-endo Finisher, EndoActivator'le irrigasyon aktivasyona göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha etkili bulunmuştur ($p < 0,05$). PUI ve EndoActivator ile irrigasyon aktivasyon grubu arasında her iki parametre için istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0,05$).

4.2 Kök Kanal Bölgelerine Göre Bulgular

Final irrigasyon aktivasyon sistemleri ve kanal içi medikament çeşidine bakılmaksızın kök kanal bölgelerinin dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliği üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur ($p<0,001$).

Koronal ve apikal bölgedeki kanal içi medikamentlerin dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). Koronal bölgedeki kanal içi medikamentler en yüksek dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliğini gösterirken, apikal bölgede en düşük dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliğini göstermiştir. Koronal ve orta bölge arasında dentin tübül penetrasyon yüzdesi bakımından anlamlı bir farklılık görülmezken ($p>0,05$); koronal bölge orta bölgeye göre anlamlı düzeyde daha yüksek maksimum penetrasyon derinliği göstermiştir ($p<0,05$).

4.3 Kanal içi Medikamentlere Göre Bulgular

Final irrigasyon sistemleri ve kök kanal bölgelerine bakılmaksızın kanal içi medikament çeşidinin dentin tübül penetrasyon yüzdesi üzerine anlamlı bir etkisi olduğu saptanmıştır ($p<0,001$). mTAP; Ca(OH)_2 'e göre anlamlı düzeyde daha yüksek dentin tübül penetrasyon yüzdesi göstermiştir ($p<0,05$). Fakat maksimum penetrasyon derinliği bakımından kanal içi medikamentler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p=0,948$).

Elde edilen bu bulgular sonucunda çalışmanın sıfır hipotezi olan hem final irrigasyon aktivasyon sistemlerinin hem de kanal içi medikament çeşidinin dentin tübül penetrasyonuna etkisinin olmaması reddedilmiştir.

5 TARTIŞMA ve SONUÇ

Kök kanal tedavisinin başarılı olabilmesi için kök kanal boşluğundaki mikroorganizmaların eliminasyonu ve kök kanalının tekrardan enfeksiyonunun önlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla uygulanan kemomekanik prosedürler kök kanal tedavisinin önemli bir aşaması olarak görülmektedir. Ancak kök kanalının kompleks anatomisinden dolayı irrigasyon solüsyonlarının kök kanal sisteminin tamamen ulaşamaması ve kök kanal şekillendirme sistemlerinin fiziksel limitasyonu sebebiyle bu prosedürlerin hem mikroorganizmaların tamamen eliminasyonunda hem de tam debridman sağlamada yetersiz kaldığı belirtilmektedir (Mamootil ve Messer, 2007; Peters ve ark., 2002; Siqueira ve ark., 1997). Bu sebeple kök kanal sistemindeki mikroorganizmaların eliminasyonu için irrigasyon aktivasyon sistemleriyle solüsyonlarının etkinliğinin artırılması ve kanal içi medikament uygulaması önerilmektedir (Barbosa ve ark., 1997; Ekim ve Erdemir, 2015). Bu tez çalışmasının amacı farklı final irrigasyon aktivasyon sistemlerinin etkinliğini değerlendirmek ve bu sistemlerin kanal içi medikamentlerin dentin tübül penetrasyonuna etkisini incelemektir.

Smear tabakası, mekanik şekillendirme sırasında açığa çıkan debrisin kök kanal duvarlarında birikmesiyle oluşan, düzensiz irregular tabakadır (Ekim ve Erdemir, 2015). Organik yapısında; nekrotik, canlı veya dekompoze olmuş doku artıkları ve mikroorganizmaları, inorganik yapısında ise dentin parçacıkları içeren bir yapıdır (Czonstkowsky ve ark., 1990). Bu tabakanın varlığında; kök kanal sistemindeki bakterilerin üremesinin devam edeceği, irrigasyon solüsyonlarının etkinliğinin azalacağı ve kök kanal tedavisi sonrası mikrosızıntının artacağı bilinmektedir (Depraet ve ark., 2005; Turkel ve ark., 2017). Ayrıca yapılan çalışmalar sonucunda smear tabakasının varlığının kanal içi medikament ve irrigasyon solüsyonlarının dentin tübül penetrasyonunu etkileyeceği ve bu tabakanın uzaklaştırılmasıyla kanal içi medikamentlerin etki göstermeleri için gerekli sürenin azalacağı belirtilmiştir (Lui ve ark., 2007; Orstavik ve Haapasalo, 1990).

Final irrigasyonu, kök kanal şekillendirme işlemlerini takiben kök kanal dolumu öncesi kök kanal sisteminin son kez irrigasyonu olarak tanımlanmaktadır. Böylelikle mekanik preparasyon sırasında oluşmuş smear tabakasının, bakterilerin ve organik debrisin uzaklaştırılması amaçlanmaktadır. Smear tabakasının kök kanal sisteminden uzaklaştırılabilmesi için inorganik ve organik çözücülerin birlikte kullanılması önerilmektedir (Ari ve ark., 2004).

Literatürdeki bu bilgiler ışığında final irrigasyonunun, irrigasyon aktivasyon sistemleriyle organik-inorganik çözücülerin aktive edilmesinin smear tabakasının uzaklaştırılmasını sağlayacağı ve böylelikle kanal içi medikamentlerin dentin tübüllerine daha iyi penetre olabileceği düşüncesindeyiz. Bu sebeple çalışmamızda inorganik ve organik çözücü olarak kullanılan irrigasyon solüsyonları final irrigasyon aktivasyon sistemleriyle aktive edilmiş ve kanal içi medikamentlerin penetrasyonu değerlendirilmiştir.

Smear tabakasının uzaklaştırılması için organik çözücü olarak %5,25'lik NaOCl, inorganik çözücü olarak %17'lik EDTA solüsyonunun kombine kullanımı önerilmiştir (Calt ve Serper, 1999; Cengiz ve ark., 1990). NaOCl antibakteriyel etkinliği ve organik doku çözme kabiliyetinden dolayı endodontik tedavilerde sık kullanılan bir irrigasyon solüsyonudur ancak inorganik doku üzerine etkili değildir (Carson ve ark., 2005; Ekim ve Erdemir, 2015). EDTA solüsyonu ise kök kanal irrigasyonunda dentinin yapısındaki kalsiyum iyonları üzerine etki ederek inorganik doku çözücü olarak görev almaktadır (De-Deus ve ark., 2006). Bu sebeple bu tez çalışmasında yapılmış olan birçok çalışmanın irrigasyon prosedürüne benzer olarak kök kanal şekillendirmesi sırasında eğerler arası 2 mL %5,25'lik NaOCl, final irrigasyonu ise 5 mL %5,25'lik NaOCl ve 5 mL %17'lik EDTA solüsyonunun 1'er dakika boyunca aktive edilmesiyle sağlanmıştır (Akçay ve ark., 2016; Keskin ve ark., 2017; Turkel ve ark., 2017).

Caliskan ve ark. (1995) Türk popülasyonundaki kök kanal morfolojilerini ve varyasyonlarını değerlendirdikleri çalışmalarında 1400 adet çekilmiş diş üzerinde inceleme yapmış; sonuç olarak özellikle üst çene ikinci premolar dişlerde ve birinci molar dişlerin mesiobukkal köklerinde değişken kök varyasyonları saptanırken alt çene ikinci premolar dişlerde en az varyasyona rastlamışlardır. Bu çalışmaya dayanarak ve elde edilen verilerin benzer çalışmalarla kıyaslanabilir olması amacıyla bu tez çalışmasında 96 adet mandibular premolar diş tercih edilmiştir (Akçay ve ark., 2017; Singh ve ark., 2016). Çalışmada kullanılacak dişlerin tek ve düz kanallı olmasına, kök kanalında kalsifikasyon, kök rezorpsiyonu ve 10° den fazla kök kurvatürü olmamasına dikkat edilmiş; böylelikle çalışmada standardizasyon sağlanması amaçlanmıştır.

İn vitro çalışmalarda kullanılacak olan çekilmiş dişlerin bekletilme sürelerinin, bekletilme koşullarının ve sterilizasyon yöntemlerinin dişlerin mekanik ve kimyasal özelliklerini etkilediği ve yapılan çalışmanın sonucunu etkilediği bildirilmektedir (Leloup ve ark., 2001). Goodis ve ark. (1991) çekilmiş dişlerin bekletilme süresi ve koşullarının dentin

geçirgenliği üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında; dişleri ethanol, formalin, timollü distile su ve fosfatlı salin içerisinde farklı sürelerde bekletmişler ve bekletilen solüsyon türünün dentin geçirgenliği üzerine etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Yaptığımız bu tez çalışmasında kanal içi medikamentlerin dentin penetrasyonu değerlendirildiğinden kullanılacak dişlerin dentin geçirgenliğinin ve kimyasal özelliklerinin en az ölçüde etkilenmesi amacıyla deneyin yapılacağı zamana kadar dişler distile suda bekletilmiştir (Uygun ve ark., 2017).

İrrigasyon aktivasyon sistemlerinin etkinliklerinin değerlendirildiği çalışmalarda standardizasyonun sağlanması için dişlerin korondan aşındırma ya da mine-sement sınırından kuronlarının uzaklaştırılması tercih edilmektedir (Brito ve ark., 2009; Pasqualini ve ark., 2010). Dişlerdeki boyutsal farklılığa bağlı çalışmada oluşabilecek standardizasyon farklılıklarını elimine etmek amacıyla bu tez çalışmasında kullanılan dişlerin kuronları kök boyları 12 mm olacak şekilde su soğutması altında elmas separe ile uzaklaştırılmıştır.

Kök kanal tedavisinin kök kanal sınırları içerisinde yapılması gerektiği belirtilmektedir (Ricucci, 1998). Kök kanalların şekillendirmesi, irrigasyonu ve dolumunun yapılacağı apikal sınır genellikle kök kanalının en dar kısmı olarak tanımlanan apikal daralma noktasıdır (Ricucci ve Langeland, 1998). Kök kanal dolgusunun sonladığı apikal daralma ve koronal bölgede belirlenen referans nokta arasındaki mesafe ise ‘çalışma uzunluğu’ olarak adlandırılmakta ve tedavi başarısını etkileyen en önemli faktörlerden biri olarak bilinmektedir (Işık ve Kayahan, 2019). Yapılan morfolojik çalışmalar sonucu apikal daralmanın apikal foramenden 0.5-1 mm uzaklıkta olduğu saptanmıştır (Dummer ve ark., 1984; Mizutani ve ark., 1992; Ponce ve Fernández, 2003). Bu çalışmalar göz önünde bulundurularak bu tez çalışmasında klinik koşullara uymak amacıyla çalışma uzunluğu belirlenirken apikal daralma apikal foramenin 1mm uzağında tespit edilmiş ve kök kanal şekillendirme işlemleri bu boyda yapılmıştır.

Kök kanalının etkin final irrigasyonu ve yeterli miktarda debris ve mikroorganizmanın kök kanalından uzaklaştırılması için mekanik preparasyon yapılması gerekmektedir. İrrigasyon solüsyonlarının hacminin artması ve apikal bölgeye ulaşabilmesi için apikal bölgenin preparasyon genişliği önemlidir (Gulabivala ve ark., 2005; Park ve ark., 2012). Ancak dişlerdeki anatomik farklılıklar sebebiyle standart bir apikal şekillendirme genişliği mümkün olmamaktadır (Aşçı, 2014). Salzgeber ve Brilliant (1977) irrigasyon solüsyonlarının apikal bölgeye etki edebilmesi için apikal genişliğin minimum #30 olması gerektiğini ayrıca apikal genişliğin #35’ten fazla olacak şekilde şekillendirmesinin solüsyonların periapikal dokulara

taşma riskini arttıracasını bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışma göz önünde bulundurularak ve final irrigasyonun etkinliğinin değerlendirildiği diğer çalışmalarla benzer şekilde kök kanal şekillendirme sistemi olarak ProTaper Next döner eğer sistemi seçilmiş ve apikal ap X3'e (#30.07) kadar şekillendirilmiştir (Jardine ve ark., 2016; Moon ve ark., 2010; Oliveira ve ark., 2017).

Periodontal dokulara yayılmış ya da sadece pulpanın zarar gördüğu endodontik enfeksiyonların başarılı bir şekilde tedavi edilebilmesi için mevcut bakterilerin elimine edilmesi gerekmektedir. Kök kanalındaki mikroorganizmaların eliminasyonunda mekanik şekillendirme ile antimikrobiyal irrigasyonun tek başına ve kombine kullanımının yetersiz kaldığı bildirilmiştir (Athanassiadis ve ark., 2007; Peters ve ark., 2001). Tek seansta bakteri eliminasyonunun tamamen sağlanması mümkün olmayacağı düşünülerek; kanal içi medikamentlerin belirli bir süre kanal duvarlarıyla temasta kalması bakterilerin tümüyle eliminasyonu için gerekli bir aşama olduğu bildirilmiştir (Spångberg ve Haapasalo, 2002). Aynı zamanda kanal içi medikamentlerin, kök kanalındaki mikroorganizmaları elimine edebilmesi ve kök kanalının tekrarlayan enfeksiyonlarını engelleyebilmesi için dentin tübüllerine derinlemesine nüfuz etmelidir (Deniz Sungur ve ark., 2017; Haapasalo ve Ørstavik, 1987). Literatürde kanal içi medikamentlerin dentin tübül penetrasyonunun değerlendirildiği çalışma sayısının kısıtlı olması (Deniz Sungur ve ark., 2017; Sireesha ve ark., 2017) ve yapılan literatür taramasında final irrigasyon aktivasyon sistemlerinin kanal içi medikamentlerin dentin tübül penetrasyonuna etkisinin değerlendirildiği çalışma bulunamaması göz önünde bulundurulmuş ve bu tez çalışmasında final irrigasyon aktivasyon sistemlerinin kanal içi medikamentlerin dentin tübül penetrasyonuna etkisi değerlendirilmiştir.

Kalsiyum Hidroksit; antimikrobiyal aktivitesi, sert doku oluşumunu teşvik etmesi, uzun süreli etkisi ve kök rezorpsiyonunu engellemesi sebebiyle günümüzde sıklıkla tercih edilen bir kanal içi medikamenttir (Byström ve ark., 1985; Kim ve Kim, 2014). Rutin endodontik tedavilerde tercih edilmesine rağmen pulpa revaskülarizasyon tedavisinde yüksek pH'ı sebebiyle temas ettiği dokuda nekroz oluşturabileceği ve pulpanın farklılaşma potansiyeli olan dokuları yok edebileceği (Banchs ve Trope, 2004); ayrıca immatür dişlerde uzun dönem kanal içi olarak kullanılmasının kök kırığı riskini arttıracasını öne sürülmektedir (Andreasen ve ark., 2002; Soares Ade ve ark., 2013). Pulpa revaskülarizasyonundan kök gelişiminde tatmin edici sonuçlar vermesi ve endodontik patojenlere karşı etkili olması sebebiyle üçlü antibiyotik

patının kullanımı tercih edilmektedir (Banchs ve Trope, 2004; Windley ve ark., 2005). Üçlü antibiyotik patının endodontik rejenerasyonda revaskularizasyon tedavisinde, pulpa kaplamalarında, lezyon sterilizasyonu ve doku tamiri tedavisinde başarılı olduğunu bildiren çalışmalar mevcuttur (Şimşek ve ark., 2014). Sato ve ark. (1996) yaptıkları çalışmalarında üçlü antibiyotik patının dentin tübüllerinin derin kısımlarındaki bakteriler üzerine kısa sürede etkili olduklarını ve enfekte kök kanalının sterilizasyonunda tercih edilebilecek bir kanal içi medikament olduğunu göstermişlerdir. Üçlü antibiyotik patının içeriğindeki minosiklinin dişte renkleşmeye sebep olması sebebiyle; minosiklin çıkarılarak yerine sefaklor, amoksisilin, sefroxadine, rokitamisin veya fosfomisin eklendiği bir çalışmada bu kombinasyonların da endodontik enfeksiyonların sterilizasyonunda etkili olduğu bildirilmiştir (Sato ve ark., 1996; Sato ve ark., 1993). Üçlü antibiyotik patının içeriğindeki minosiklin yerine sefaklorun eklendiği çeşidi modifiye üçlü antibiyotik patı (mTAP) olarak tanımlanmaktadır ve mTAP ile dişte renkleşmenin önüne geçilmektedir (Thibodeau ve Trope, 2007). Bu tez çalışmasında günümüzde rutin kök kanal tedavilerinde seanslar arasında en sık kullanılan kanal içi medikament olan kalsiyum hidroksit ile endodontik rejenerasyonda sıklıkla tercih edilen mTAP'ın dentin tübül penetrasyonu değerlendirilmiştir.

Endodontide kök kanal irrigasyon solüsyonları, kanal içi medikamentler ve kök kanal patlarının dentin tübül penetrasyonunun değerlendirilmesinde sıklıkla taramalı elektron mikroskopu (SEM) ve lazer taramalı konfokal mikroskop (CLSM) tercih edilmektedir. CLSM; SEM'le görüntülemeyle karşılaştırıldığında tekrarlanabilir olması, örnekler üzerinde işleme gerek olmaması, eklenen florasan madde sayesinde incelenecek materyalin dentinden daha net ayrılması gibi sebeplerle son yıllarda daha çok tercih edilmektedir (Ordinola-Zapata ve ark., 2009). CLSM ile görüntüleme için eklenen eser miktardaki florasan maddenin materyallerin fiziksel özelliklerinde değişikliğe neden olmaması güvenle kullanılmasını sağlamaktadır (Patel ve ark., 2007). Bu tez çalışmasında dentin tübül penetrasyonunun değerlendirilmesinde avantajları göz önünde bulundurularak görüntülemeye CLSM tercih edilmiş ve görüntü alınabilmesi için kanal içi medikamentlere eser miktarda Rhodamine B florasan madde (~%0,1 oranında) eklenmiştir (Bitter ve ark., 2004; Generali ve ark., 2017; Gharib ve ark., 2007).

CLSM ile elde edilen görüntülerde dentin tübül penetrasyonunun değerlendirilmesinde farklı parametreler kullanılmaktadır. Bunlar; dentin tübül penetrasyon yüzdesi, dentin tübül penetrasyon alanı ve maksimum penetrasyon derinliğidir (Deniz Sungur ve ark., 2017; Gu ve

ark., 2017; Tuncer ve Tuncer, 2012). Maksimum penetrasyon derinliği, kanal duvarı ile penetrasyonun olduğu en uzak nokta arasındaki mesafenin ölçülmesiyle (Chandra ve ark., 2012; Ordinola-Zapata ve ark., 2009); dentin tübül penetrasyon alanı, patın penetre olduğu bölgelerin etrafının çizilerek ölçüldüğü alandan kanal çevresinin çizilerek ölçüldüğü alanın çıkarılması ile (Deniz Sungur ve ark., 2017); dentin tübül penetrasyon yüzdesi ise materyalin kanal duvarına penetre olduğu bölgelerin uzunluğunun kanal duvarı çevre uzunluğuna oranlanmasıyla (Gharib ve ark., 2007) elde edilmektedir. Dentin tübül penetrasyon yüzdesi sayesinde derin olmayan kök kanal dentinindeki penetrasyonun değerlendirilmesi mümkün olmaktadır ve bu ölçüm şeklinin irrigasyon aktivasyon sistemlerini kıyaslamada daha doğru bir parametre olacağı düşünülmektedir (Aksel ve ark., 2017). Bu sebeple çalışmamızda kanal içi medikamentlerin dentin tübül penetrasyonu değerlendirilirken Gharib ve ark. (2007) nın yapmış oldukları çalışma örnek alınarak maksimum penetrasyon derinliği ve bu ölçümle tek bir noktanın penetrasyonu değerlendirilebildiğinden ek olarak Aksel ve ark. (2017) nın yapmış oldukları çalışma örnek alınarak dentin tübül penetrasyon yüzdesi hesaplanmıştır.

Endodontik materyallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, smear tabakası, dişin anatomisi gibi birçok faktör materyallerin dentin tübül penetrasyonunu etkileyebilmektedir (Kokkas ve ark., 2004; Oksan ve ark., 1993; Rouhani ve ark., 2013). Bu faktörler arasından en önemlisinin smear tabakasının kök kanalından etkin bir şekilde uzaklaştırılması olduğu ve bunun endodontik materyallerin dentin tübül penetrasyonunun önemli ölçüde arttıracığı bildirilmiştir (Kokkas ve ark., 2004; Oksan ve ark., 1993). Kanal içi medikamentlerin kök kanalının 1000 µm derinliklerine kadar penetre olabildiği bilinen mikroorganizmaların eliminasyonunda etkili olabilmesi için dentin tübüllerinin derinlerine nüfuz edebilmesi gerekmektedir (Deniz Sungur ve ark., 2017; Madhubala ve ark., 2011). Geleneksel irrigasyon tekniğine ek olarak geliştirilen irrigasyon aktivasyon sistemleri sayesinde kök dentinindeki mikroorganizmaların, smear tabakasının ve debris artıklarının etkili bir şekilde uzaklaştırılabilmesi sağlanarak; endodontik materyallerin dentin tübül penetrasyonunun arttırılacağı düşünülmektedir (Gu ve ark., 2009). Bu sebeple çalışmamızda güncel irrigasyon aktivasyon sistemlerinden EndoActivator, XP-endo Finisher eğe, pasif ultrasonik irrigasyon ve geleneksel irrigasyon yönteminin final irrigasyondaki etkinliği karşılaştırılmıştır.

Geleneksel iğne irrigasyonu endodontik tedavilerde rutin olarak kullanılan, basit ve kolay uygulanabilir bir irrigasyon yöntemidir (Gu ve ark., 2009). Fakat bu teknikte irrigasyon

solüsyonunun kanülün ucundan en fazla 1mm uzağa gidebilmesi ve kanülün ucunun dar kanalların en fazla orta üçlüsünde konumlandırılabilmesi tekniğin etkinliğini kısıtlamaktadır (Gu ve ark., 2009; Ram, 1977). Ayrıca kanülün apikalde konumlandırılmasının irrigasyon solüsyonlarının apikalden taşma riskini arttırdığı ve irrigasyon yönteminin lateral, aksesuar kanallara etki edememesi irrigasyonun etkinliğini azalttığı bilinmektedir (van der Sluis ve ark., 2006). Yapılan çalışmalar sonucu geleneksel iğne irrigasyonunun etkinliğinin artırılması için iğnenin apikale konumlandırılması ve 30 gauge ya da daha küçük çapta iğnelerin kullanılması gerektiği bildirilmiştir (Chow, 1983; Sedgley ve ark., 2005). Bu çalışmalar göz önünde bulundurularak bu tez çalışmasında geleneksel iğne irrigasyonu grubunda final irrigasyon aktivasyonu; 27 gauge dental iğne ucunun apiko-koronal yönde sürekli hareket ettirilmesi ve her iki irrigasyon solüsyonunun da 1'er dakika boyunca aktive edilmesiyle yapılmıştır.

EndoActivator irrigasyon aktivasyon cihazı, 22 mm uzunluğunda 20/02, 25/04, 30/06'lik tipte polimer yapıda tek kullanımlık uçlara sahiptir; bu uçlar aktif olmadığından kök kanal şeklini bozmamakta, perforasyon ve apikal transportasyona neden olmamaktadır (Ruddle, 2007). Cihazın 2.000, 6.000, 10.000 cpm olmak üzere 3 farklı hız ayarı vardır; debris ve mikroorganizmaların etkin bir şekilde uzaklaştırılabilmesi için önerilen hız 10,000 cpm'dir (Shalan ve Al-Huwaizi, 2018). Jiang ve ark. (2010) yaptıkları çalışmalarında EndoActivator'ün 3 tip polimer ucu arasında debris uzaklaştırma etkinliği bakımından anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Klinik pratiğe daha uygun olduğu düşünülerek irrigasyon solüsyonlarının 1'er dakika boyunca aktive edilmesi uygun görülmektedir (Saber Sel ve Hashem, 2011). EndoActivator irrigasyon cihazının etkinliğinin optimal olabilmesi ve polimer ucun kök kanalında rahat salınım yapabilmesi için tez çalışmamızda 25.04 polimer uç çalışma uzunluğunun 1 mm gerisinde konumlandırılmış ve her iki irrigasyon solüsyonu da 20 saniyelik 3'er periyotta aktive edilerek final irrigasyon aktivasyon sağlanmıştır.

XP-endo Finisher eği; taper açısı bulunmayan, esnek ISO #25, 0.00 koniklikte nikel titanyum bir döner alete benzer tasarımdadır ve eğenin apikal yarısı C şeklindedir (Alves ve ark., 2016; Uygun ve ark., 2017). Bu eği; şekillendirme işlemi bitmiş kök kanallarında final irrigasyon aktivasyonu için üretici talimatına göre 1Ncm tork değerinde ve 800 rpm hızda çalıştırılmaktadır (Vaz-Garcia ve ark., 2018). Cihaz dönme modunda kanalın içine yerleştirildiğinde, 3 boyutlu adaptasyon kabiliyeti sayesinde daha fazla dentin yüzeyi ile temas etmekte ve kök kanal şekline zarar vermeden diğer irrigasyon aktivasyon sistemlerinin

erişemeyeceği alanlarda irrigasyon sağlamaktadır (Uygun ve ark., 2017; Vaz-Garcia ve ark., 2018). Bu tez çalışmasında XP-endo Finisher ege güncel bir irrigasyon aktivasyon sistemi olarak görülmesi, etkinliğinin değerlendirildiği çalışma sayısının az olması ve yapılan çalışmalarda aktivasyonda başarılı bulunması sebebiyle tercih edilmiştir (Wigler ve ark., 2017). Çalışmamızda endomotor 800 rpm hızında 1 Ncm torkla çalışacak şekilde ayarlanmış ve ucuna takılan XP Endo Finisher ege çalışma uzunluğunun 1 mm gerisinde çalışacak şekilde konumlandırılarak her iki irrigasyon solüsyonu da 20 saniyelik 3'er periyotta aktive edilerek final irrigasyon aktivasyon sağlanmıştır. Egenin şekil hafızası ve kanal içerisinde şekil değiştirdiği için; çalışmamızda her bir örnek için 1 adet XP-endo Finisher ege kullanılmıştır (Uygun ve ark., 2017).

Pasif ultrasonik irrigasyon (PUI), akustik enerjinin endodontik kanal egesi yardımıyla irrigasyon solüsyonuna aktarılması olarak tanımlanmaktadır (van der Sluis ve ark., 2005). Irrigasyon solüsyonuna iletilen bu enerjiyle solüsyonun kök kanalında akustik akışı ve kök kanal kavitasyonunun indüklenmesi; böylelikle irrigasyon solüsyonunun aktivasyonu hedeflenmektedir (Ahmad ve ark., 1987; van der Sluis ve ark., 2007). PUI yönteminde küçük çaplı kanal eğeleri yüksek devirde ve solüsyon içinde serbestçe titreşim yapabildiğinde akustik akımın maksimum seviyeye ulaştığı ve irrigasyon solüsyonunun rahatlıkla apikal bölgeye etki edebildiği ileri sürülmüştür (Roy ve ark., 1994; van der Sluis ve ark., 2007). Literatürde PUI sisteminde kullanılan ultrasonik ucun #25 apikal çapta olmasının #20 ve #15 apikal çaplı uçlara göre kanal içerisinde daha düşük akustik akım yaratacağı söylenmektedir (Ahmad ve ark., 1987; van der Sluis ve ark., 2007). Malki ve ark. (2012) yapmış oldukları çalışmalarında ultrasonik ucun kök kanalında yerleştirilme derinliğinin smear tabakasının uzaklaştırılmasına etkisini incelemişler ve çalışma uzunluğundan 1 ve 2 mm geride yerleştirilen ultrasonik ucun 3, 4 ve 5 mm geride yerleştirilen ultrasonik uçlara göre daha etkin olduğunu bildirmişlerdir. Bu irrigasyon aktivasyon yönteminin; geleneksel iğne irrigasyonuna ve sonik sistemlere göre smear tabakasını ve mikroorganizmaları daha etkin uzaklaştırdığını bildiren çalışmalar olduğundan (Ahmad ve ark., 1987; Sabins ve ark., 2003) bu tez çalışmasına PUI aktivasyon sistemi de dahil edilmiştir. Yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak pasif ultrasonik irrigasyon cihazın 20 numara 0.0 koniklikteki IRR20 tip ucu çalışma uzunluğundan 1 mm geride konumlandırılarak her iki irrigasyon solüsyonu da 20 saniyelik 3 periyotta aktive edilerek final irrigasyon aktivasyon sağlanmıştır.

Literatürde final irrigasyon aktivasyon sistemlerinin; irrigasyon solüsyonlarının ve kök kanal patlarının dentin tübül penetrasyonuna, smear tabakasının ve kanal içi medikamentlerin kök kanalından uzaklaştırılması üzerine etkisinin değerlendirildiği birçok çalışma olmasına rağmen kanal içi medikamentlerin dentin tübül penetrasyonu üzerine etkisine dair bir çalışmaya rastlanmamıştır. Endodontik materyallerin kök kanalına penetre olabilmesi için smear tabakasının etkin bir şekilde uzaklaştırılmasının gerekliliği bilindiğinden (Topcuoglu ve ark., 2014) ve final irrigasyon aktivasyon sistemlerinin uzaklaştırdığı madde miktarı değerlendirilerek etkinliği karşılaştırılabileceğinden çalışmamızın sonuçlarının yapılan bu çalışmaların sonuçlarına paralel olacağı ve bu çalışmalarla kıyaslanabileceği düşünülmektedir.

Oliveira ve ark. (2017) yapmış oldukları çalışmalarında EndoActivator ve geleneksel şırınga yöntemiyle final irrigasyonunun kök kanal patlarının dentin tübül penetrasyon yüzdesine ve maksimum penetrasyon derinliğine etkisini incelemişler ve EndoActivator'le irrigasyon aktivasyonun anlamlı düzeyde daha etkili olduğunu bildirmişlerdir ($p<0,05$). Bolles ve ark. (2013) yapmış oldukları çalışmada EndoActivator, Vibringe ve geleneksel iğne yöntemiyle final irrigasyonunun kök kanal patının dentin tübül penetrasyon yüzdesine ve maksimum penetrasyon derinliğine etkisini incelemişler; irrigasyon aktivasyon sistemleri arasında etkinlik olarak istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulmamışlardır ($p>0,05$). Uroz-Torres ve ark. (2010) ise smear tabakasının uzaklaştırılmasında EndoActivator'le irrigasyon aktivasyonunun etkinliğini geleneksel iğne irrigasyonu ile kıyaslamışlar; sonuç olarak iki yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığını bildirmişlerdir ($p>0,05$). Generali ve ark. (2017) yapmış oldukları çalışmalarında farklı irrigasyon aktivasyon sistemleri (EndoActivator, Irrisafe, Self Adjusting File, EndoVac) ve geleneksel iğne irrigasyonu ile final irrigasyonunun kök kanal patının dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliğine olan etkisini değerlendirmişler; sonuç olarak gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığını bildirmişlerdir ($p>0,05$). Yapılan bu tez çalışmasının sonuçlarına göre EndoActivator ile final irrigasyon aktivasyonu geleneksel şırınga yöntemine göre hem dentin tübül penetrasyon yüzdesi hem de maksimum penetrasyon derinliği açısından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha etkili bulunmuştur ($p<0,05$). Bizim çalışmamızın bulgularının Oliveira ve ark. (2017) yapmış olduğu çalışmayla benzer olmasının sebebinin EndoActivator'le irrigasyon aktivasyon prosedürlerinin benzerliğinden kaynaklandığını düşünmekteyiz. Bolles ve ark. (2013) yapmış olduğu çalışmada EndoActivator'le irrigasyon aktivasyon süresi toplam 1 dakika, Generali ve ark. (2017) çalışmasında ise toplam 1.5 dakika

fakat bu tez çalışmasında toplam irrigasyon aktivasyon süresi 2 dakikadır. Her iki çalışmanın sonuçlarına göre EndoActivator'le irrigasyon ve geleneksel şırınga yöntemi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Bu tez çalışmasında irrigasyon aktivasyon sürelerinin yapılan bu iki çalışmadan uzun olmasının EndoActivator'ün etkinliğini arttırdığını ve bu sebeple de EndoActivator'le irrigasyon grubunun geleneksel şırınga yöntemine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkili bulunduğumuzu düşünmekteyiz ($p<0,05$). Uroz-Torres ve ark. (2010) yapmış olduğu çalışmada ise final irrigasyon için kullanılan %17'lik EDTA solüsyon hacminin 1 mL bizim çalışmamızda 5 mL olmasının yanı sıra çalışmalarda geleneksel iğne irrigasyonu için 30 gauge endodontik irrigasyon iğnesi kullanılması bizim çalışmamızda ise 27 gauge dental iğne ucu kullanılması nedeniyle elde edilen sonuçlar arasında farklılıklar mevcuttur.

Literatürde yeni bir döner eği olan XP-endo Finisher'la final irrigasyonun etkinliğine dair 2015 yılından itibaren yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Leoni ve ark. (2017) mandibular 1. molar dişlerde farklı final irrigasyon aktivasyon sistemlerinin (PUI, XP Endo Finisher, SAF ve geleneksel iğne irrigasyonunu) debris uzaklaştırma üzerine etkinliklerini mikroCT ile değerlendirmişler; sonuç olarak PUI ve XP-endo Finisher eği ile irrigasyon aktivasyonun diğer yöntemlere göre daha etkili debris uzaklaştırdığını bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada geleneksel iğne irrigasyonu, EndoActivator, XP-endo Finisher ve BT-Race döner eği ile final irrigasyon aktivasyonun eğimli kök kanallarındaki debris ve smear tabakasının uzaklaştırılması üzerine etkinliği değerlendirilmiş; XP-endo Finisher eği ve EndoActivator'le irrigasyon aktivasyon gruplarının diğer aktivasyon yöntemlerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha etkin oldukları sonucuna varılmıştır (Elnaghy ve ark., 2017). Yapılan başka bir çalışmada geleneksel iğne irrigasyonu, PUI ve XP-endo Finisher eği ile irrigasyon aktivasyonun NaOCl solüsyonunun mandibular molar dişlerin mesial kök kanal sistemindeki dağılımına olan etkisi incelenmiş; XP-endo Finisher eği ile irrigasyon aktivasyonun diğer yöntemlerden anlamlı düzeyde daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Pacheco-Yanes ve ark., 2020). PUI, XP-endo Finisher eği ve geleneksel iğne ile final irrigasyon aktivasyonunun üçlü antibiyotik patının kök kanalından uzaklaştırılması üzerine etkinliklerinin değerlendirildiği bir çalışmada; XP-endo Finisher eği ile irrigasyon aktivasyonunun diğer yöntemlerden istatistiksel olarak anlamlı derecede daha etkili olduğu bildirilmiştir (Turkaydin ve ark., 2017). XP-endo Finisher eğenin diğer yöntemlerden daha etkili bir final irrigasyonu sağlamasının eğenin kök kanalına yerleştirildiğinde, A fazına geçmesi ve bu fazdaki şekli sayesinde standart eğelerle

ulaşılamayan alanlara etki edebilmesi ve 3 boyutlu adaptasyon kabiliyeti sayesinde daha fazla dentin yüzeyiyle temas etmesi olarak açıklanmaktadır (Elnaghy ve ark., 2017). Bu tez çalışmasının bulgularına göre kanal içi medikamentlerin PUI, EndoActivator ve XP-endo Finisher eği ile final irrigasyonu ile geleneksel şırınga yöntemine göre daha derine penetre olabildiği ($p<0,05$); medikamentlerin dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliği değerlerinin ise XP-endo Finisher eği ile final irrigasyonu grubunda daha yüksek olduğu bulunmuştur. Kanal içi medikamentlerin debris ve smear tabakası uzaklaştırılmış dentin tübüllerinde daha iyi penetre olabileceği düşünüldüğünden çalışmamızın bulgularının yapılmış bu çalışmalarla kıyaslanabileceğini düşünmekteyiz. Çalışmamızın bulguları yapılan çalışmaların bulgularını destekler niteliktedir.

Faria ve ark. (2019) PUI ve geleneksel iğne irrigasyonunun NaOCl solüsyonunun dentin tübül penetrasyonuna olan etkisini inceledikleri çalışmalarında; PUI ile aktivasyonun geleneksel iğne yöntemine göre anlamlı düzeyde daha etkin olduğu sonucuna varmışlardır. Irrigasyon solüsyonlarının dentin tübül penetrasyonunun değerlendirildiği bir başka çalışmada; EndoActivator, PUI, resiprokasyon yapan eği ve geleneksel iğne ile irrigasyon aktivasyonu karşılaştırılmış ve PUI ile aktivasyonun diğer yöntemlere göre daha etkin olduğu bildirilmiştir (Kanamuru ve ark., 2015). PUI ve XP-endo Finisher ile irrigasyon aktivasyonunun oval şekilli kök kanallarındaki debrisin uzaklaştırılmasının incelendiği bir mikroCT çalışmasında ise iki aktivasyon yönteminin de benzer etkinlikte olduğu bildirilmiştir (De-Deus ve ark., 2019). Wiseman ve ark. (2011) mandibular molar dişlerin mesial kök kanalında PUI ve EndoAktivator'le irrigasyon aktivasyonunun kalsiyum hidroksit uzaklaştırma etkinliğini değerlendirdiği çalışmada; ultrasonik sistemin sonik sistemden daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır ($p<0.001$). van der Sluis ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada final irrigasyon aktivasyonu için kullanılan pasif ultrasonik irrigasyon ve geleneksel iğne irrigasyon yönteminin kök kanal dolumu yapılan dişlerin dolgu sızdırmazlığı üzerine etkinliğini incelemiş ve tüm gruplarda pasif ultrasonik aktivasyonun kök kanal dolgusunun sızdırmazlığını arttırdığı sonucuna varmışlardır. Sainz-Pardo ve ark. (2014) PUI, EndoActivator ve geleneksel iğne irrigasyonunun irrigasyon solüsyonlarının dentin tübül penetrasyon derinliğine etkisini inceledikleri çalışmada EndoActivator ve PUI ile aktivasyonun geleneksel yöntemle göre solüsyonların daha derine penetre olmasını sağladığını fakat iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığını bildirmiştir. Bizim bulgularımıza göre XP-endo Finisher, PUI ve EndoActivator'le irrigasyon aktivasyonunun dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve

maksimum penetrasyon derinliği üzerine benzer etkide ($p>0,05$) ve geleneksel iğne irrigasyon yöntemine göre her iki parametre için de istatistiksel olarak daha etkilidir ($p<0,05$). Elde ettiğimiz bulgular literatürde yapılmış birçok çalışma ile uyumluluk göstermektedir; ancak ultrasonik sistemlerin sonik sistemlere göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha etkili olduğunu bildiren çalışmalar da mevcuttur (Kanumuru ve ark., 2015; Sabins ve ark., 2003; Wiseman ve ark., 2011). Bu çalışmaların sonucunun bizim çalışmamızla benzer sonuç göstermemesinin sebebinin; Sabins ve ark. (2003) yapmış olduğu çalışmada MM 1500 sonik aktivasyon cihazının bizim çalışmamızda ise EndoActivator cihazının tercih edilmesinden, Kanumuru ve ark. (2015) çalışmasında final aktivasyon süresinin toplam 30 sn bizim çalışmamızda ise toplam final irrigasyon aktivasyon süresinin 2 dakika olmasından ve bizim çalışmamızda Wiseman ve ark. (2011) yapmış oldukları çalışmadan farklı olarak dentin tübül penetrasyon değerlerinin incelenmesinden kaynaklandığını düşünmekteyiz. Bununla birlikte ultrasonik sistemlerin sonik sistemlerden daha yüksek frekans ve makaslama stresi oluşturduğu, bu nedenle sonik sistemlerin ultrasonik sistemlere göre daha uzun süre kullanımının aynı etkinliği oluşturduğu bildirilmektedir (Gu ve ark., 2009). Ancak bu çalışmada literatürdeki birçok çalışmada olduğu gibi (Generalı ve ark., 2017; Kanumuru ve ark., 2015) standardizasyonu sağlamak için tüm final irrigasyon aktivasyon sistemlerinin uygulama sürenin eşit olması tercih edilmiştir.

Endodontik tedavi prosedürleriyle kök kanalından uzaklaştırılamayan bakteriler periodontal dokuların ve kök kanalının tekrardan enfekte olmasına sebep olabilmektedirler (Athanassiadis ve ark., 2007). Kök kanal sistemindeki bakterilerin dentin tübüllerinin 1000 mikron derinliklerine kadar yerleşebildiği bilindiğinden kanal içi medikamentlerin bu bakterilere etki edebilmesi için dentin tübüllerinin derinlerine penetre olabilmesi gerekmektedir (Haapasalo ve Ørstavik, 1987; Madhubala ve ark., 2011). Adl ve ark. (2012) Ca(OH)_2 ve TAP'ın E.Faecalis üzerine etkinliklerinin değerlendirdiği bir çalışmalarında TAP'ın Ca(OH)_2 'e göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır. TAP, propolis ve Ca(OH)_2 'in E.faecalise karşı etkinliklerinin değerlendirildiği bir başka çalışmada ise propolis ve TAP'ın Ca(OH)_2 'e göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha etkili olduğu bildirilmiştir (Madhubala ve ark., 2011). TAP ve Ca(OH)_2 'in dentin tübüllerinin farklı derinliklerindeki E. Faecalis üzerine etkinliklerinin incelendiği bir çalışmada TAP'ın dentin tübüllerinin derinlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha etkili olabildiği ve TAP'ın antibakteriyel etkisinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Adl ve ark., 2014). Tanase ve ark.

(1998) TAP'ın kök dentinine yüksek penetrasyonunun içeriğindeki minosiklinin dentin matriksindeki kalsiyum iyonlarıyla şelat oluşturmamasından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. TAP'ın Ca(OH)_2 'e göre antibakteriyel etkinliğinin daha yüksek olması; Ca(OH)_2 'in pH'nın dentinin tamponlama etkisi sebebiyle nötralize olması ve TAP'ın dentin tübül penetrasyonunun daha yüksek olmasıyla açıklanmaktadır (Deniz Sungur ve ark., 2017; George ve ark., 2005). Literatürde TAP ve Ca(OH)_2 patının dentin tübül penetrasyonunun değerlendirildiği tek bir çalışmaya rastlanmıştır. Deniz Sungur ve ark. (2017) yaptıkları bu çalışmada TAP ve Ca(OH)_2 'in farklı taşıyıcılarla kök kanalına yerleştirilmesinin dentin tübül penetrasyonuna etkisini incelemiş; sonuç olarak taşıyıcıya bakılmaksızın TAP'ın Ca(OH)_2 'e göre daha geniş bir alana penetre olduğunu fakat dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliği bakımından anlamlı bir farklılık göstermediğini bildirmişlerdir. Bu yüksek penetrasyon alanı sayesinde de bakteriler üzerine Ca(OH)_2 'ten daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Bizim çalışmamızın bulgularına göre; final irrigasyon aktivasyon sistemine ve kesit seviyesine bakılmaksızın mTAP, Ca(OH)_2 'e göre daha yüksek penetrasyon yüzdesi gösterirken maksimum penetrasyon derinliği değerlerinde iki medikament arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Çalışmamızın sonucu literatürde olan tek çalışmayla paralellik göstermektedir.

Bu tez çalışmasının bulgularına göre kanal içi medikamentin çeşidine ve final irrigasyon aktivasyon sistemine bakmaksızın medikamentler apikal kesitte en düşük penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliği değerlerini gösterirken; koronal kesitte en yüksek değerleri göstermişlerdir ve bu değerler istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklıdır ($p<0,05$). Dentin penetrasyon yüzdesi koronal ve orta üçlüde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermezken; iki kesit seviyesinin maksimum penetrasyon derinliği değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p<0,05$). Bu bulgular yapılan diğer dentin tübül penetrasyonunun değerlendirildiği çalışmaların bulgularıyla benzerlik göstermektedir (Akçay ve ark., 2016; Bolles ve ark., 2013; Moon ve ark., 2010). Endodontik materyallerin apikal bölgede daha az penetrasyon göstermesinin sebebi; apikal bölgede dentin tübüllerinin az sayıda olması, sekonder dentinin düzensiz yapısı ve kök kanal duvarında sement benzeri dokunun varlığı olarak açıklanmaktadır (Mjor ve ark., 2001). Ayrıca koronal bölgedeki smear tabakasının daha iyi uzaklaştırılması ve irrigasyon solüsyonlarının koronal bölgeye apikal bölgeye göre daha etkili gönderilmesinden dolayı materyallerin apikal bölgedeki dentin tübüllerine daha az penetre olabildiği düşünülmektedir (Bolles ve ark., 2013).

Sonuç ve Öneriler

Yapılan bu tez çalışmasında farklı final irrigasyon aktivasyon sistemlerinin kanal içi medikamentlerin dentin tübül penetrasyonuna etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmamızın sınırları dahilinde elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda sıralanmıştır;

1. EndoActivator, XP-endo Finisher ve PUI aktivasyon yöntemlerinin tümü geleneksel iğne irrigasyonuna göre kanal içi medikamentlerin dentin tübül penetrasyonunu anlamlı düzeyde arttırmıştır.
2. Koronal bölgede kanal içi medikamentlerin dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliğinin apikal bölgeye göre anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu bulunmuştur.
3. mTAP Ca(OH)_2 'e göre daha yüksek dentin tübül penetrasyon yüzdesi gösterirken; maksimum penetrasyon derinliği bakımından kanal içi medikamentler arasında anlamlı düzeyde bir farklılığa rastlanmamıştır.
4. XP-endo Finisher ile irrigasyon aktivasyonu diğer tekniklere göre her iki kanal içi medikament için de en yüksek dentin tübül penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliği değerlerini göstermiştir.
5. Bu in vitro çalışmanın sonuçlarının desteklenmesi için ileri klinik çalışmaların yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Abbott PV. Medicaments: aids to success in endodontics. Part 1. A review of the literature. Aust Dent J. 1990;35(5):438-48.

Abbott PV, Hume WR, Pearman JW. Antibiotics and endodontics. Australian dental journal. 1990;35(1):50-60.

Abou-Rass M, Piccinino MV. The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1982;54(3):323-8.

Adl A, Hamed S, Sedigh Shams M, Motamedifar M, Sobhnamayan F. The ability of triple antibiotic paste and calcium hydroxide in disinfection of dentinal tubules. Iran Endod J. 2014;9(2):123-6.

Adl A, Shojaee NS, Motamedifar M. A Comparison between the Antimicrobial Effects of Triple Antibiotic Paste and Calcium Hydroxide Against *Enterococcus Faecalis*. Iran Endod J. 2012;7(3):149-55.

Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. J Endod. 1987;13(3):93-101.

Akçay M, Arslan H, Durmus N, Mese M, Capar ID. Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study. Lasers Surg Med. 2016;48(1):70-6.

Akçay M, Arslan H, Mese M, Durmus N, Capar ID. Effect of photon-initiated photoacoustic streaming, passive ultrasonic, and sonic irrigation techniques on dentinal tubule penetration of irrigation solution: a confocal microscopic study. Clinical oral investigations. 2017;21(7):2205-12.

Aksel H, Kucukkaya Eren S, Purali N, Serper A, Azim AA. Efficacy of different irrigant protocols and application systems on sealer penetration using a stepwise CLSM analysis. Microsc Res Tech. 2017;80(12):1323-7.

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;32(12):1181-4.

Alaçam T. Endodonti. 2 ed. Ankara: Özyurt Matbaacılık; 2012.

Alves FR, Marceliano-Alves MF, Sousa JC, Silveira SB, Provenzano JC, ve ark. Removal of Root Canal Fillings in Curved Canals Using Either Reciprocating Single- or Rotary Multi-instrument Systems and a Supplementary Step with the XP-Endo Finisher. *J Endod.* 2016;42(7):1114-9.

Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dent Traumatol.* 2002;18(3):134-7.

Ari H, Erdemir A, Belli S. Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *J Endod.* 2004;30(11):792-5.

Arias MP, Maliza AG, Midena RZ, Graeff MS, Duarte MA, ve ark. Effect of ultrasonic streaming on intra-dentinal disinfection and penetration of calcium hydroxide paste in endodontic treatment. *J Appl Oral Sci.* 2016;24(6):575-81.

Aşçı SK. Endodonti. Quintessence yayıncılık. 2014.

Athanassiadis B, Abbott PV, Walsh LJ. The use of calcium hydroxide, antibiotics and biocides as antimicrobial medicaments in endodontics. *Aust Dent J.* 2007;52(1 Suppl):S64-S82.

Banchs F, Trope M. Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? *J Endod.* 2004;30(4):196-200.

Barbosa CA, Goncalves RB, Siqueira JF, Jr., De Uzeda M. Evaluation of the antibacterial activities of calcium hydroxide, chlorhexidine, and camphorated paramonochlorophenol as intracanal medicament. A clinical and laboratory study. *J Endod.* 1997;23(5):297-300.

Barkhordar RA, Watanabe LG, Marshall GW, Hussain MZ. Removal of intracanal smear by doxycycline in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology.* 1997;84(4):420-3.

Barnhart BD, Chuang A, Dalle Lucca JJ, Roberts S, Liewehr F, ve ark. An in vitro evaluation of the cytotoxicity of various endodontic irrigants on human gingival fibroblasts. *Journal of endodontics.* 2005;31(8):613-5.

Basrani B. Endodontic irrigation: Chemical disinfection of the root canal system: Springer; 2015.

Basrani B, Santos JM, Tjäderhane L, Grad H, Gorduysus O, ve ark. Substantive antimicrobial activity in chlorhexidine-treated human root dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2002;94(2):240-5.

Bezgin T, Yilmaz A, Celik B, Sönmez H. Concentrated platelet-rich plasma used in root canal revascularization: 2 case reports. *International endodontic journal*. 2014;47(1):41-9.

Bitter K, Paris S, Martus P, Schartner R, Kielbassa AM. A Confocal Laser Scanning Microscope investigation of different dental adhesives bonded to root canal dentine. *Int Endod J*. 2004;37(12):840-8.

Blanken J, De Moor RJG, Meire M, Verdaasdonk R. Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study. *Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*. 2009;41(7):514-9.

Bolles JA, He J, Svoboda KK, Schneiderman E, Glickman GN. Comparison of Vibringe, EndoActivator, and needle irrigation on sealer penetration in extracted human teeth. *J Endod*. 2013;39(5):708-11.

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;40(7):504-13.

Bradford CE, Eleazer PD, Downs KE, Scheetz JP. Apical pressures developed by needles for canal irrigation. *J Endod*. 2002;28(4):333-5.

Brito PR, Souza LC, Machado de Oliveira JC, Alves FR, De-Deus G, ve ark. Comparison of the effectiveness of three irrigation techniques in reducing intracanal *Enterococcus faecalis* populations: an in vitro study. *J Endod*. 2009;35(10):1422-7.

Bryson EC, Levin L, Banchs F, Abbott PV, Trope M. Effect of immediate intracanal placement of Ledermix Paste(R) on healing of replanted dog teeth after extended dry times. *Dent Traumatol*. 2002;18(6):316-21.

Burleson A, Nusstein J, Reader A, Beck M. The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *J Endod*. 2007;33(7):782-7.

Byström A, Claesson R, Sundqvist G. The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. *Dental Traumatology*. 1985;1(5):170-5.

Byström A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International endodontic journal*. 1985;18(1):35-40.

Caliskan MK, Pehlivan Y, Sepetcioglu F, Turkun M, Tuncer SS. Root canal morphology of human permanent teeth in a Turkish population. *J Endod*. 1995;21(4):200-4.

Calt S, Serper A. Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod*. 1999;25(6):431-3.

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;36(8):1361-6.

Carson KR, Goodell GG, McClanahan SB. Comparison of the antimicrobial activity of six irrigants on primary endodontic pathogens. *Journal of endodontics*. 2005;31(6):471-3.

Carver K, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo antibacterial efficacy of ultrasound after hand and rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod*. 2007;33(9):1038-43.

Cehreli ZC, Uyanik MO, Nagas E, Tuncel B, Er N, ve ark. A comparison of residual smear layer and erosion following different endodontic irrigation protocols tested under clinical and laboratory conditions. *Acta Odontol Scand*. 2013;71(5):1261-6.

Cengiz T, Aktener BO, Piskin B. Effect of dentinal tubule orientation on the removal of smear layer by root canal irrigants. A scanning electron microscopic study. *Int Endod J*. 1990;23(3):163-71.

Chamberlain TM, Kirkpatrick TC, Rutledge RE. pH changes in external root surface cavities after calcium hydroxide is placed at 1, 3 and 5 mm short of the radiographic apex. *Dent Traumatol*. 2009;25(5):470-4.

Chandra SS, Shankar P, Indira R. Depth of penetration of four resin sealers into radicular dentinal tubules: a confocal microscopic study. *J Endod*. 2012;38(10):1412-6.

Cheung GS, Stock CJ. In vitro cleaning ability of root canal irrigants with and without endosonics. *Int Endod J*. 1993;26(6):334-43.

Chong B, Ford TP. The role of intracanal medication in root canal treatment. *International endodontic journal*. 1992;25(2):97-106.

Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod*. 1983;9(11):475-9.

Cruz ATG, Grecca FS, Piasecki L, Wichnieski C, Westphalen VPD, ve ark. Influence of the Calcium Hydroxide Intracanal Dressing on Dentinal Tubule Penetration of Two Root Canal Sealers. *European Endodontic Journal*. 2017.

Cunningham WT, Martin H, Forrest WR. Evaluation of root canal debridement by the endosonic ultrasonic synergistic system. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1982;53(4):401-4.

Czonstkowsky M, Wilson EG, Holstein F. The smear layer in endodontics. *Dental Clinics of North America*. 1990;34(1):13-25.

Çiçek E, Bodrumlu E. Endodontide ultrasonikler: derleme. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2012;2012(Supplement 6).

De Deus GA, Gurgel-Filho ED, Maniglia-Ferreira C, Coutinho-Filho T. The influence of filling technique on depth of tubule penetration by root canal sealer: a study using light microscopy and digital image processing. *Aust Endod J*. 2004;30(1):23-8.

De Moor RJG, 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 in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*. 2009;41(7):520-3.

De-Deus G, Belladonna FG, de Siqueira Zuolo A, Perez R, Carvalho MS, ve ark. Micro-CT comparison of XP-endo Finisher and passive ultrasonic irrigation as final irrigation protocols on the removal of accumulated hard-tissue debris from oval shaped-canals. *Clin Oral Investig*. 2019;23(7):3087-93.

De-Deus G, Paciornik S, Mauricio MH. Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine. *Int Endod J*. 2006;39(5):401-7.

De-Deus G, Souza EM, Barino B, Maia J, Zamolyi RQ, ve ark. The self-adjusting file optimizes debridement quality in oval-shaped root canals. *J Endod*. 2011;37(5):701-5.

Deniz Sungur D, Aksel H, Purali N. Effect of a Low Surface Tension Vehicle on the Dentinal Tubule Penetration of Calcium Hydroxide and Triple Antibiotic Paste. J Endod. 2017;43(3):452-5.

Depraet F, De Bruyne M, De Moor R. The sealing ability of an epoxy resin root canal sealer after Nd: YAG laser irradiation of the root canal. International endodontic journal. 2005;38(5):302-9.

Desai P, Himel V. Comparative safety of various intracanal irrigation systems. J Endod. 2009;35(4):545-9.

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;27(2):273-80.

Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. International Endodontic Journal. 1984;17(4):192-8.

Ekim ŞNA, Erdemir A. Endodontide İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2015;25.

Ekim ŞNA, Erdemir A. Endodontide Smear Tabakası ve Kaldırılması Teknikleri. Türkiye Klinikleri Endodontics-Special Topics. 2015;1(2):31-40.

El Karim I, Kennedy J, Hussey D. The antimicrobial effects of root canal irrigation and medication. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2007;103(4):560-9.

Elnaghy AM, Mandorah A, Elsaka SE. Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study. Odontology. 2017;105(2):178-83.

Estrela C, Sydney G, Figueiredo JA, Estrela C. Antibacterial efficacy of intracanal medicaments on bacterial biofilm: A critical review. Journal of applied oral science : revista FOB. 2009;17:1-7.

Fager FK, Messer HH. Systemic distribution of camphorated monochlorophenol from cotton pellets sealed in pulp chambers. J Endod. 1986;12(6):225-30.

Faria G, Viola KS, Coaguila-Llerena H, Oliveira LRA, Leonardo RT, ve ark. Penetration of sodium hypochlorite into root canal dentine: effect of surfactants, gel form and passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J*. 2019;52(3):385-92.

Fava L, Saunders W. Calcium hydroxide pastes: classification and clinical indications. *International endodontic journal*. 1999;32(4):257-82.

Foster KH, Kulild JC, Weller RN. Effect of smear layer removal on the diffusion of calcium hydroxide through radicular dentin. *Journal of Endodontics*. 1993;19(3):136-40.

Garip Y, Sazak H, Gunday M, Hatipoglu S. Evaluation of smear layer removal after use of a canal brush: an SEM study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2010;110(2):e62-6.

Generali L, Cavani F, Serena V, Pettenati C, Righi E, ve ark. Effect of Different Irrigation Systems on Sealer Penetration into Dentinal Tubules. *J Endod*. 2017;43(4):652-6.

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. *Journal of Endodontics*. 2008;34(12):1524-7.

George S, Kishen A, Song KP. The role of environmental changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by *Enterococcus faecalis*. *J Endod*. 2005;31(12):867-72.

Gharib SR, Tordik PA, Imamura GM, Baginski TA, Goodell GG. A confocal laser scanning microscope investigation of the epiphany obturation system. *J Endod*. 2007;33(8):957-61.

Ghorbanzadeh A, Aminsobhani M, Sohrabi K, Chiniforush N, Ghafari S, ve ark. Penetration depth of sodium hypochlorite in dentinal tubules after conventional irrigation, passive ultrasonic agitation and Nd: YAG laser activated irrigation. *Journal of lasers in medical sciences*. 2016;7(2):105.

Gilad JZ, Teles R, Goodson M, White RR, Stashenko P. Development of a clindamycin-impregnated fiber as an intracanal medication in endodontic therapy. *Journal of endodontics*. 1999;25(11):722-7.

Goldman M, Kronman JH, Goldman LB, Clausen H, Grady J. New method of irrigation during endodontic treatment. *J Endod*. 1976;2(9):257-60.

Gomes B, Souza S, Ferraz C, Teixeira F, Zaia A, ve ark. Effectiveness of 2% chlorhexidine gel and calcium hydroxide against *Enterococcus faecalis* in bovine root dentine in vitro. *International Endodontic Journal*. 2003;36(4):267-75.

Goodis HE, Marshall GW, Jr., White JM. The effects of storage after extraction of the teeth on human dentine permeability in vitro. *Arch Oral Biol*. 1991;36(8):561-6.

Grossman LI. Polyantibiotic treatment of pulpless teeth. *The Journal of the American Dental Association*. 1951;43(3):265-78.

Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, ve ark. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod*. 2009;35(6):791-804.

Gu Y, Perinpanayagam H, Kum DJ, Yoo YJ, Jeong JS, ve ark. Effect of Different Agitation Techniques on the Penetration of Irrigant and Sealer into Dentinal Tubules. *Photomed Laser Surg*. 2017;35(2):71-7.

Guerisoli DM, Marchesan MA, Walmsley AD, Lumley PJ, Pecora JD. Evaluation of smear layer removal by EDTAC and sodium hypochlorite with ultrasonic agitation. *Int Endod J*. 2002;35(5):418-21.

Gulabivala K, Patel B, Evans G, Ng YL. Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endodontic Topics*. 2005;10(1):103-22.

Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod*. 2005;31(3):166-70.

Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic topics*. 2005;10(1):77-102.

Haapasalo M, Ørstavik D. In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *J dent res*. 1987;66(8):1375-9.

Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dental Clinics*. 2010;54(2):291-312.

Hauser V, Braun A, Frentzen M. Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo). *Int Endod J*. 2007;40(8):644-52.

Haznedaroğlu F, Ersev H. Tetracycline HCl solution as a root canal irrigant. *Journal of endodontics*. 2001;27(12):738-40.

Hoshino E. Sterilization of carious lesions by drugs. *J Jpn Assoc Dent Sci*. 1990;9:32-7.

Hoshino E. LSTR 3Mix-MP method-better and efficient clinical procedures of lesion sterilization and tissue repair (LSTR) therapy. *Dent Rev*. 1998;666:57-106.

Hoshino E, Kurihara-Ando N, Sato I, Uematsu H, Sato M, ve ark. In-vitro antibacterial susceptibility of bacteria taken from infected root dentine to a mixture of ciprofloxacin, metronidazole and minocycline. *Int Endod J*. 1996;29(2):125-30.

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;41(1):60-71.

Huque J, Kota K, Yamaga M, Iwaku M, Hoshino E. Bacterial eradication from root dentine by ultrasonic irrigation with sodium hypochlorite. *Int Endod J*. 1998;31(4):242-50.

Hülsmann M, Peters OA, Dummer PM. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic topics*. 2005;10(1):30-76.

Işık V, Kayahan MB. Kök Kanal Tedavisinde Apikal Sınır. *Türkiye Klinikleri Endodontics-Special Topics*. 2019;5(2):1-5.

Iwaku M, Hoshino E, Kota K. Lesion sterilization and tissue repair (LSTR) therapy: new pulpal treatment. *How to conserve infected pulps Tokyo, Japan: Nihon-Shika-Hyoron*. 1996.

Jardine AP, Rosa RA, Santini MF, Wagner M, So MV, ve ark. The effect of final irrigation on the penetrability of an epoxy resin-based sealer into dentinal tubules: a confocal microscopy study. *Clin Oral Investig*. 2016;20(1):117-23.

Jasrotia A, Bhagat K, Bhagat N, Bhagat RK. Comparison of Five Different Irrigation Techniques on Smear Layer Removal in Apical Thirds of Root Canals of Mandibular First Premolar: A Scanning Electron Microscopic Study. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2019;9(6):630-6.

Jensen SA, Walker TL, Hutter JW, Nicoll BK. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod*. 1999;25(11):735-8.

Jiang LM, Lak B, Eijssvogels LM, Wesselink P, van der Sluis LW. Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. *J Endod*. 2012;38(6):838-41.

Jiang LM, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LW. Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *J Endod*. 2010;36(1):143-6.

Kandaswamy D, Venkateshbabu N. Root canal irrigants. *Journal of conservative dentistry: JCD*. 2010;13(4):256.

Kanter V, Weldon E, Nair U, Varella C, Kanter K, ve ark. A quantitative and qualitative analysis of ultrasonic versus sonic endodontic systems on canal cleanliness and obturation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011;112(6):809-13.

Kanumuru PK, Sooraparaju SG, Konda KR, Nujella SK, Reddy BK, ve ark. Comparison of Penetration of Irrigant Activated by Traditional Methods with A Novel Technique. *J Clin Diagn Res*. 2015;9(11):ZC44-7.

Kayataş M, Kaptan RF, Aşçı S. Kök kanal ilaçları. *Acta Odontologica Turcica*. 2014;31(2):106-13.

Keir DM, Senia ES, Montgomery S. Effectiveness of a brush in removing postinstrumentation canal debris. *J Endod*. 1990;16(7):323-7.

Keskin C, Sariyilmaz E, Sariyilmaz O. Efficacy of XP-endo Finisher File in Removing Calcium Hydroxide from Simulated Internal Resorption Cavity. *J Endod*. 2017;43(1):126-30.

Kfir A, Blau-Venezia N, Goldberger T, Abramovitz I, Wigler R. Efficacy of self-adjusting file, XP-endo finisher and passive ultrasonic irrigation on the removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove. *Aust Endod J*. 2018;44(1):26-31.

Kim D, Kim E. Antimicrobial effect of calcium hydroxide as an intracanal medicament in root canal treatment: a literature review-Part I. In vitro studies. *Restorative dentistry & endodontics*. 2014;39(4):241-52.

Kim J-H, Kim Y, Shin S-J, Park J-W, Jung I-Y. Tooth discoloration of immature permanent incisor associated with triple antibiotic therapy: a case report. *Journal of endodontics*. 2010;36(6):1086-91.

Klyn SL, Kirkpatrick TC, Rutledge RE. In vitro comparisons of debris removal of the EndoActivator system, the F file, ultrasonic irrigation, and NaOCl irrigation alone after hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod*. 2010;36(8):1367-71.

Kokkas AB, Boutsoukis A, Vassiliadis LP, Stavrianos CK. The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study. *J Endod*. 2004;30(2):100-2.

Kourti E, Pantelidou O. Comparison of different agitation methods for the removal of calcium hydroxide from the root canal: Scanning electron microscopy study. *J Conserv Dent*. 2017;20(6):439-44.

Lee B-S, Lin C-P, Hung Y-L, Lan W-H. Structural changes of Er: YAG laser-irradiated human dentin. *Photomedicine and Laser Therapy*. 2004;22(4):330-4.

Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *Int Endod J*. 2004;37(9):607-12.

Leloup G, D'Hoore W, Bouter D, Degrange M, Vreven J. Meta-analytical review of factors involved in dentin adherence. *J Dent Res*. 2001;80(7):1605-14.

Leoni GB, Versiani MA, Silva-Sousa YT, Bruniera JF, Pecora JD, et al. Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. *Int Endod J*. 2017;50(4):398-406.

Lin J, Shen Y, Haapasalo M. A comparative study of biofilm removal with hand, rotary nickel-titanium, and self-adjusting file instrumentation using a novel in vitro biofilm model. *J Endod*. 2013;39(5):658-63.

Lin S, Zuckerman O, Weiss EI, Mazor Y, Fuss Z. Antibacterial efficacy of a new chlorhexidine slow release device to disinfect dentinal tubules. *Journal of endodontics*. 2003;29(6):416-8.

Lin Y-h, Mickel AK, Chogle S. Effectiveness of selected materials against *Enterococcus faecalis*: part 3. The antibacterial effect of calcium hydroxide and chlorhexidine on *Enterococcus faecalis*. *Journal of endodontics*. 2003;29(9):565-6.

Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M. Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *Int Endod J*. 2009;42(4):335-43.

Lui J-N, Kuah H-G, Chen N-N. Effect of EDTA with and without surfactants or ultrasonics on removal of smear layer. *Journal of endodontics*. 2007;33(4):472-5.

Lumley PJ, Walmsley AD, Walton RE, Rippin JW. Effect of precurving endosonic files on the amount of debris and smear layer remaining in curved root canals. *J Endod*. 1992;18(12):616-9.

Lussi A, Nussbacher U, Grosrey J. A novel noninstrumented technique for cleansing the root canal system. *J Endod*. 1993;19(11):549-53.

Madhubala MM, Srinivasan N, Ahamed S. Comparative evaluation of propolis and triantibiotic mixture as an intracanal medicament against *Enterococcus faecalis*. *Journal of endodontics*. 2011;37(9):1287-9.

Malki M, Verhaagen B, Jiang LM, Nehme W, Naaman A, ve ark. Irrigant flow beyond the insertion depth of an ultrasonically oscillating file in straight and curved root canals: visualization and cleaning efficacy. *J Endod*. 2012;38(5):657-61.

Mamootil K, Messer HH. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *Int Endod J*. 2007;40(11):873-81.

Mancini M, Cerroni L, Iorio L, Armellin E, Conte G, ve ark. Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. *J Endod*. 2013;39(11):1456-60.

Martin H, Cunningham WT, Norris JP, Cotton WR. Ultrasonic versus hand filing of dentin: a quantitative study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1980;49(1):79-81.

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;41(7):602-8.

Mehdipour O, Kleier DJ, Averbach RE. Anatomy of sodium hypochlorite accidents. *Compend Contin Educ Dent*. 2007;28(10):544-6, 8, 50.

Menezes MM, Valera MC, Jorge AO, Koga-Ito CY, Camargo CH, ve ark. In vitro evaluation of the effectiveness of irrigants and intracanal medicaments on microorganisms within root canals. *Int Endod J*. 2004;37(5):311-9.

Messer HH, Chen RS. The duration of effectiveness of root canal medicaments. *J Endod*. 1984;10(6):240-5.

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;36(4):679-90.

Minsky M. Memoir on inventing the confocal scanning microscope. *Scanning*. 1988;10(4):128-38.

Mitchell RP, Yang SE, Baumgartner JC. Comparison of apical extrusion of NaOCl using the EndoVac or needle irrigation of root canals. *J Endod*. 2010;36(2):338-41.

Mizutani T, Ohno N, Nakamura H. Anatomical study of the root apex in the maxillary anterior teeth. *Journal of endodontics*. 1992;18(7):344-7.

Mjor IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J*. 2001;34(5):346-53.

Mohammadi Z, Abbott PV. On the local applications of antibiotics and antibiotic-based agents in endodontics and dental traumatology. *Int Endod J*. 2009;42(7):555-67.

Mohammadi Z, Jafarzadeh H, Shalavi S, Yaripour S, Sharifi F, ve ark. A Review on Triple Antibiotic Paste as a Suitable Material Used in Regenerative Endodontics. *Iran Endod J*. 2018;13(1):1-6.

Moller AJ, Fabricius L, Dahlen G, Sundqvist G, Happonen RP. Apical periodontitis development and bacterial response to endodontic treatment. Experimental root canal infections in monkeys with selected bacterial strains. *Eur J Oral Sci.* 2004;112(3):207-15.

Moon YM, Shon WJ, Baek SH, Bae KS, Kum KY, ve ark. Effect of final irrigation regimen on sealer penetration in curved root canals. *J Endod.* 2010;36(4):732-6.

Moorer WR, Wesselink PR. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J.* 1982;15(4):187-96.

Mozo S, Llena C, Forner L. Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2012;17(3):e512-6.

Nikhil V, Singh R. Confocal laser scanning microscopic investigation of ultrasonic, sonic, and rotary sealer placement techniques. *Journal of conservative dentistry: JCD.* 2013;16(4):294.

O'Connell MS, Morgan LA, Beeler WJ, Baumgartner JC. A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *J Endod.* 2000;26(12):739-43.

Oksan T, Aktener BO, Sen BH, Tezel H. The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *Int Endod J.* 1993;26(5):301-5.

Oliveira KV, Silva BMD, Leonardi DP, Crozeta BM, Sousa-Neto MD, ve ark. Effectiveness of different final irrigation techniques and placement of endodontic sealer into dentinal tubules. *Braz Oral Res.* 2017;31:e114.

Oliveira KVd, Silva BMD, Leonardi DP, Crozeta BM, Sousa-Neto MDd, ve ark. Effectiveness of different final irrigation techniques and placement of endodontic sealer into dentinal tubules. *Brazilian oral research.* 2017;31.

Olivi G, DiVito E, Peters O, Kaitsas V, Angiero F, ve ark. Disinfection efficacy of photon-induced photoacoustic streaming on root canals infected with *Enterococcus faecalis*: an ex vivo study. *J Am Dent Assoc.* 2014;145(8):843-8.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Graeff MS, del Carpio Perochena A, Vivan RR, ve ark. Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: a confocal laser scanning microscopy study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology.* 2009;108(3):450-7.

Orstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol*. 1990;6(4):142-9.

Pacheco-Yanes J, Provenzano JC, Marceliano-Alves MF, Gazzaneo I, Perez AR, ve ark. Distribution of sodium hypochlorite throughout the mesial root canal system of mandibular molars after adjunctive irrigant activation procedures: a micro-computed tomographic study. *Clin Oral Investig*. 2020;24(2):907-14.

Park E, Shen Y, Haapasalo M. Irrigation of the apical root canal. *Endodontic Topics*. 2012;27(1):54-73.

Pasqualini D, Cuffini AM, Scotti N, Mandras N, Scalas D, ve ark. Comparative evaluation of the antimicrobial efficacy of a 5% sodium hypochlorite subsonic-activated solution. *J Endod*. 2010;36(8):1358-60.

Patel D, Sherriff M, Ford T, Watson T, Mannocci F. The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study. *International endodontic journal*. 2007;40(1):67-71.

Paulo HD, Pereira JC, Svizero NR, Rueggeberg FA, Pashley DH. Use of fluorescent compounds in assessing bonded resin-based restorations: a literature review. *Journal of dentistry*. 2006;34(9):623-34.

Pawley J. *Handbook of biological confocal microscopy*: Springer Science & Business Media; 2010.

Peeters HH, Gutknecht N. Efficacy of laser-driven irrigation versus ultrasonic in removing an airlock from the apical third of a narrow root canal. *Aust Endod J*. 2014;40(2):47-53.

Peters L, Van Winkelhoff AJ, Buijs J, Wesselink P. Effects of instrumentation, irrigation and dressing with calcium hydroxide on infection in pulpless teeth with periapical bone lesions. *International Endodontic Journal*. 2002;35(1):13-21.

Peters OA, Bardsley S, Fong J, Pandher G, Divito E. Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *J Endod*. 2011;37(7):1008-12.

Peters OA, Laib A, Göhring TN, Barbakow F. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. *Journal of Endodontics*. 2001;27(1):1-6.

Peters OA, Schonenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J*. 2001;34(3):221-30.

Ponce EH, Fernández JAV. The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen, and the apical constriction: evaluation by optical microscopy. *Journal of endodontics*. 2003;29(3):214-9.

Portenier I, Haapasalo H, Rye A, Waltimo T, Orstavik D, ve ark. Inactivation of root canal medicaments by dentine, hydroxylapatite and bovine serum albumin. *Int Endod J*. 2001;34(3):184-8.

Ram Z. Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1977;44(2):306-12.

Reit C, Dahlén G. Decision making analysis of endodontic treatment strategies in teeth with apical periodontitis. *International Endodontic Journal*. 1988;21(5):291-9.

Richman MJ. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *J Dent Med*. 1957;12:12-8.

Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *International Endodontic Journal*. 1998;31(6):384-93.

Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *International endodontic journal*. 1998;31(6):394-409.

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(4):493-502.

Roche Y, Yoshimori R. In-vitro activity of spiramycin and metronidazole alone or in combination against clinical isolates from odontogenic abscesses. *The Journal of antimicrobial chemotherapy*. 1997;40(3):353-7.

Rodig T, Bozkurt M, Konietzschke F, Hulsmann M. Comparison of the Vibringe system with syringe and passive ultrasonic irrigation in removing debris from simulated root canal irregularities. *J Endod*. 2010;36(8):1410-3.

Rosenthal S, Spångberg L, Safavi K. Chlorhexidine substantivity in root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2004;98(4):488-92.

Rouhani A, Ghoddusi J, Naghavi N, Al-Lawati G. Scanning electron microscopic evaluation of dentinal tubule penetration of Epiphany in severely curved root canals. *European journal of dentistry*. 2013;7(04):423-8.

Roy RA, Ahmad M, Crum LA. Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *Int Endod J*. 1994;27(4):197-207.

Ruddle C. Nonsurgical endodontic retreatment in Cohen S, Burns RC editors: *Pathways of the pulp*, 875–929, ; Mosby, St. Louis; 2002.

Ruddle CJ. Microbrush for endodontic use. Google Patents; 2001.

Ruddle CJ. Hydrodynamic disinfection: tsunami endodontics. *Dent Today*. 2007;26(5):110, 2, 4-7.

Saber Sel D, Hashem AA. Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. *J Endod*. 2011;37(9):1272-5.

Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW. A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod*. 2003;29(10):674-8.

Safavi KE, Spngberg LS, Langeland K. Root canal dentinal tubule disinfection. *Journal of endodontics*. 1990;16(5):207-10.

Sainz-Pardo M, Estevez R, Pablo OV, Rossi-Fedele G, Cisneros R. Root canal penetration of a sodium hypochlorite mixture using sonic or ultrasonic activation. *Braz Dent J*. 2014;25(6):489-93.

Salman MI, Baumann MA, Hellmich M, Roggendorf MJ, Termaat S. SEM evaluation of root canal debridement with Sonicare CanalBrush irrigation. *Int Endod J*. 2010;43(5):363-9.

Salzgeber RM, Brilliant JD. An in vivo evaluation of the penetration of an irrigating solution in root canals. *Journal of Endodontics*. 1977;3(10):394-8.

Sarno MU, Sidow SJ, Looney SW, Lindsey KW, Niu LN, ve ark. Canal and isthmus debridement efficacy of the VPro EndoSafe negative-pressure irrigation technique. *J Endod.* 2012;38(12):1631-4.

Sato I, Ando-Kurihara N, Kota K, Iwaku M, Hoshino E. Sterilization of infected root-canal dentine by topical application of a mixture of ciprofloxacin, metronidazole and minocycline in situ. *Int Endod J.* 1996;29(2):118-24.

Sato T, Hoshino E, Uematsu H, Noda T. In vitro antimicrobial susceptibility to combinations of drugs of bacteria from carious and endodontic lesions of human deciduous teeth. *Oral microbiology and immunology.* 1993;8(3):172-6.

Schoeffel GJ. The EndoVac method of endodontic irrigation, part 2--efficacy. *Dent Today.* 2008;27(1):82, 4, 6-7.

Sedgley CM, Nagel AC, Hall D, Applegate B. Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. *Int Endod J.* 2005;38(2):97-104.

Semwogerere D, Weeks ER. Confocal microscopy. *Encyclopedia of biomaterials and biomedical engineering.* 2005;23:1-10.

Serper A, Ozbek M, Calt S. Accidental sodium hypochlorite-induced skin injury during endodontic treatment. *J Endod.* 2004;30(3):180-1.

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;96(5):614-7.

Shalan LA, Al-Huwaizi HF. Cleaning Efficiency of Root Canal after Irrigation with New Irrigation Technique: A Scanning Electron Microscopic Study. *Iran Endod J.* 2018;13(1):102-7.

Singh R, Pushpa S, Arunagiri D, Sawhny A, Misra A, ve ark. The effect of irrigating solutions on the apical sealing ability of MTA Fillapex and Adseal root canal sealers. *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects.* 2016;10(4):251.

Siqueira JF, Jr., Machado AG, Silveira RM, Lopes HP, de Uzeda M. Evaluation of the effectiveness of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the elimination of *Enterococcus faecalis* from the root canal, in vitro. *Int Endod J*. 1997;30(4):279-82.

Siqueira Jr J, Lopes H. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *International endodontic journal*. 1999;32(5):361-9.

Sireesha A, Jayasree R, Vidhya S, Mahalaxmi S, Sujatha V, ve ark. Comparative evaluation of micron- and nano-sized intracanal medicaments on penetration and fracture resistance of root dentin - An in vitro study. *Int J Biol Macromol*. 2017;104(Pt B):1866-73.

Soares Ade J, Lins FF, Nagata JY, Gomes BP, Zaia AA, ve ark. Pulp revascularization after root canal decontamination with calcium hydroxide and 2% chlorhexidine gel. *J Endod*. 2013;39(3):417-20.

Spångberg LS, Haapasalo M. Rationale and efficacy of root canal medicaments and root filling materials with emphasis on treatment outcome. *Endodontic Topics*. 2002;2(1):35-58.

Svec TA, Harrison JW. Chemomechanical removal of pulpal and dentinal debris with sodium hypochlorite and hydrogen peroxide vs normal saline solution. *J Endod*. 1977;3(2):49-53.

Şimşek N, Özcan Ü, Er K. Lezyon Sterilizasyonu ve Doku Tamiri. *Cumhuriyet Dental Journal*. 2014;17(4).

Tambe VH, Nagmode PS, Vishwas JR, P SK, Angadi P, ve ark. Evaluation of the Amount of Debris extruded apically by using Conventional Syringe, Endovac and Ultrasonic Irrigation Technique: An In Vitro Study. *J Int Oral Health*. 2013;5(3):63-6.

Tanase S, Tsuchiya H, Yao J, Ohmoto S, Takagi N, ve ark. Reversed-phase ion-pair chromatographic analysis of tetracycline antibiotics. Application to discolored teeth. *J Chromatogr B Biomed Sci Appl*. 1998;706(2):279-85.

Tang G, Samaranayake L, Yip HK. Molecular evaluation of residual endodontic microorganisms after instrumentation, irrigation and medication with either calcium hydroxide or Septomixine. *Oral diseases*. 2004;10(6):389-97.

Thibodeau B, Trope M. Pulp revascularization of a necrotic infected immature permanent tooth: case report and review of the literature. *Pediatric dentistry*. 2007;29(1):47-50.

Topcuoglu HS, Tuncay O, Demirbuga S, Dincer AN, Arslan H. The effect of different final irrigant activation techniques on the bond strength of an epoxy resin-based endodontic sealer: a preliminary study. *J Endod*. 2014;40(6):862-6.

Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, ve ark. A new solution for the removal of the smear layer. *Journal of Endodontics*. 2003;29(3):170-5.

Torneck C. Therapeutic armamentarium. *Clinical dentistry*, vol. 4, ch. 4. Hagerstron: Harper and Row. 1976.

Tronstad L, Asbjornsen K, Doving L, Pedersen I, Eriksen HM. Influence of coronal restorations on the periapical health of endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol*. 2000;16(5):218-21.

Tronstad L, Barnett F, Schwartzben L, Frasca P. Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Endod Dent Traumatol*. 1985;1(2):69-76.

Trope M. Treatment of the immature tooth with a non-vital pulp and apical periodontitis. *Dent Clin North Am*. 2010;54(2):313-24.

Tuncer AK, Tuncer S. Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. *Journal of endodontics*. 2012;38(6):860-3.

Turkaydin D, Demir E, Basturk FB, Sazak Ovecoglu H. Efficacy of XP-Endo Finisher in the Removal of Triple Antibiotic Paste from Immature Root Canals. *J Endod*. 2017;43(9):1528-31.

Turkel E, Onay EO, Ungor M. Comparison of Three Final Irrigation Activation Techniques: Effects on Canal Cleanness, Smear Layer Removal, and Dentinal Tubule Penetration of Two Root Canal Sealers. *Photomed Laser Surg*. 2017;35(12):672-81.

Urban K, Donnermeyer D, Schafer E, Burklein S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Investig*. 2017;21(9):2681-7.

Uroz-Torres D, Gonzalez-Rodriguez MP, Ferrer-Luque CM. Effectiveness of the EndoActivator System in removing the smear layer after root canal instrumentation. *J Endod*. 2010;36(2):308-11.

Uygun AD, Gundogdu EC, Arslan H, Ersoy I. Efficacy of XP-endo finisher and TRUShape 3D conforming file compared to conventional and ultrasonic irrigation in removing calcium hydroxide. *Aust Endod J.* 2017;43(2):89-93.

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;39(6):472-6.

van der Sluis LW, Shemesh H, Wu MK, Wesselink PR. An evaluation of the influence of passive ultrasonic irrigation on the seal of root canal fillings. *Int Endod J.* 2007;40(5):356-61.

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):415-26.

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):764-8.

van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. A comparison between a smooth wire and a K-file in removing artificially placed dentine debris from root canals in resin blocks during ultrasonic irrigation. *Int Endod J.* 2005;38(9):593-6.

Vaz-Garcia ES, Vieira VTL, Petitet N, Moreira EJJ, Lopes HP, et al. Mechanical Properties of Anatomic Finishing Files: XP-Endo Finisher and XP-Clean. *Braz Dent J.* 2018;29(2):208-13.

Vera J, Hernandez EM, Romero M, Arias A, van der Sluis LW. Effect of maintaining apical patency on irrigant penetration into the apical two millimeters of large root canals: an in vivo study. *J Endod.* 2012;38(10):1340-3.

Verstraeten J, Jacquet W, De Moor RJG, Meire MA. Hard tissue debris removal from the mesial root canal system of mandibular molars with ultrasonically and laser-activated irrigation: a micro-computed tomography study. *Lasers Med Sci.* 2017;32(9):1965-70.

Walmsley AD, Williams AR. Effects of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. *J Endod.* 1989;15(5):189-94.

Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG. Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *J Endod.* 2002;28(12):837-9

Walton RE. Intracanal medicaments. *Dent Clin North Am.* 1984;28(4):783-96.

Waplington M, Lumley PJ, Walmsley AD. Sonic instruments in root canal therapy. *Dent Update.* 1995;22(8):339-42.

Weichman JA, Johnson FM. Laser use in endodontics. A preliminary investigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971;31(3):416-20.

Weise M, Roggendorf M, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R. Four methods for cleaning simulated lateral extensions of curved root canals-a SEM evaluation: R2. 39. *International Endodontic Journal.* 2007;40(12):991-2.

Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod.* 1980;6(9):740-3.

Wigler R, Dvir R, Weisman A, Matalon S, Kfir A. Efficacy of XP-endo finisher files in the removal of calcium hydroxide paste from artificial standardized grooves in the apical third of oval root canals. *Int Endod J.* 2017;50(7):700-5.

Windley W, 3rd, Teixeira F, Levin L, Sigurdsson A, Trope M. Disinfection of immature teeth with a triple antibiotic paste. *J Endod.* 2005;31(6):439-43.

Wiseman A, Cox TC, Paranjpe A, Flake NM, Cohenca N, ve ark. Efficacy of sonic and ultrasonic activation for removal of calcium hydroxide from mesial canals of mandibular molars: a microtomographic study. *J Endod.* 2011;37(2):235-8.

Wu MK, Wesselink PR. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J.* 2001;34(2):137-41.

Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006;32(5):389-98.

Zeng C, Willison J, Meghil MM, Bergeron BE, Cutler CW, ve ark. Antibacterial efficacy of an endodontic sonic-powered irrigation system: An in vitro study. *J Dent.* 2018;75:105-12.

ÖZGEÇMİŞ

8 Ağustos 1994 yılında İstanbul'da doğdu. İlk öğretimini Erenköy İlköğretim Okulu'nda, orta öğretimini Turgay Ciner İlköğretim Okulu'nda ve lise eğitimini Burak Bora Anadolu Lisesi'nde tamamladı. Lisans eğitimini 2016 yılında İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde tamamladı. Uzmanlık eğitimi için 2017 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'na yükseköğretim kurumu kadrosuyla atanmış ve araştırma görevlisi olarak halen bu bölümde görev yapmaktadır. Yabancı dili İngilizce'dir.

