

T.C.
İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

3 FARKLI SONİK AKTİVASYON SİSTEMİNİN KÖK
KANALLARINDA STANDARDİZE YAPAY OLUKLARDAN
DEBRİS VE KALSİYUM HİDROKSİT UZAKLAŞTIRMA
ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

ECE AVCI
UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Bekir OĞuz AKTENER

İZMİR-2017

**T.C.
İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI**

**3 FARKLI SONİK AKTİVASYON SİSTEMİNİN KÖK
KANALLARINDA STANDARDİZE YAPAY OLUKLARDAN
DEBRİS VE KALSİYUM HİDROKSİT UZAKLAŞTIRMA
ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**ECE AVCI
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Bekir Oğuz AKTENER**

İZMİR-2017

KABUL VE ONAY SAYFASI

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda, Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi Programı Çerçevesinde yürütülmüş olan “3 Farklı Sonik Aktivasyon Sisteminin Kök Kanallarında Standardize Yapay Oluklardan Debris ve Kalsiyum Hidroksit Uzaklaştırma Etkinliklerinin Karşılaştırılması” isimli çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Bekir Oğuz Aktener – Ege Üniversitesi – Endodonti Anabilim Dalı

.....

Üye: Doç. Dr. Mehmet Emin Kaval – Ege Üniversitesi – Endodonti Anabilim Dalı

.....

Üye: Yrd. Doç. Dr. Emrah Karataşlıoğlu – İzmir Katip Çelebi Üniversitesi – Endodonti Anabilim Dalı

.....

ONAY : Bu uzmanlık tezi, akademik kurul kararıyla belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve kabul edilmiştir.

.....

Prof. Dr. Bora Bağış

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı

İTHAF



Eğitim hayatımın her anında yanımda olup beni destekleyen aileme ithaf ediyorum

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Uzmanlık tezim süresince desteğini esirgemeyen danışmanım sayın Prof. Dr. B. Oğuz Aktener ve hocam Yrd. Doç. Dr. Emrah Karataşlıoğlu başta olmak üzere; hayatımın eğitimle geçen 21 senesi boyunca bana bir şekilde katkısı dokunmuş tüm hocalarıma bana kazandırdıkları her şey için teşekkürlerimi sunuyorum.

Teorik ve pratik eğitimimde katkılarını yadsıyamayacağım, zor anlarımda yanımda olan, başta kıdemlilerim olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma,

Yıllardır bana katlanmayı başaran sevgili Dt. Gamze Er başta olmak üzere, değerli desteklerini hep hissettiren dostlarıma,

Bu günlere gelmemi ve ayaklarım üstünde durabilmemi sağlayan, çocuklarının eğitimi için var gücüyle uğraşan annem Ayla Avcı ve babam Ömer Avcı'ya, küçüklüğümde beri her zorlandığımda yanına koştuğum abim Oytun Avcı'ya,

En içten sevgi, saygı ve minnetimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay.....	i
İthaf.....	ii
Önsöz ve Teşekkür.....	iii
İçindekiler.....	iv
Simgeler ve Kısaltmalar.....	vii
Şekiller Dizini.....	ix
Resimler Dizini.....	x
Tablolar Dizini.....	xii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1.SMEAR TABAKASI VE DEBRİS	3
2.2.İRRİGASYON	5
2.2.1. İRRİGASYON SOLÜSYONLARI	6
2.2.1.1.Sodyum hipoklorit (NaOCl)	6
2.2.1.2.Şelasyon Ajanları-Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA)	9
2.2.1.3.Sitrik asit	10
2.2.1.4.Klorheksidin diglukonat	10
2.2.1.5.Solüsyonlar arası etkileşimler	11
2.2.1.6.Dentin erozyonu	12
2.2.1.7.Ulaşılamayan alanların temizlenmesi	12
2.2.1.8.Vapor lock etkisi	12
2.2.1.9.Kanal irrigasyonunda akışkanlar dinamiği	13
2.2.2. İRRİGASYON CİHAZLARI VE TEKNİKLERİ	14
2.2.2.1.Şırıngalar	14
2.2.2.2.İğneler(Kanüller)	15
2.2.2.3.Pasif ve Aktif İrrigasyon	15
2.2.3. İRRİGASYON SOLÜSYONLARININ AKTİVASYONU	16
2.2.3.1.MANUEL AKTİVASYON YÖNTEMLERİ	16
2.2.3.1.a. Şırınga ile aktivasyon	16
2.2.3.1.b. Manuel Fırçalar	16
2.2.3.1.c. Manuel Dinamik İrrigasyon	17

2.2.3.2.MEKANİK AKTİVASYON YÖNTEMLERİ	17
2.2.3.2.a. Mikro Fırçalar	17
2.2.3.2.b. Döner aletle enstrümantasyon sırasında sürekli irrigasyon	18
2.2.3.2.c. Sonik Sistemler	18
i. EndoActivator	19
ii. Vibringe	20
iii. Eddy	20
iv. SonicLine	21
2.2.3.2.d. Ultrasonik Sistemler	21
2.2.3.2.e. Ardışık düzenli basınç sistemleri	23
2.2.3.2.f. Lazerle Aktivasyon	24
2.3.KANAL İÇİ MEDİKAMENTLER	26
2.3.1. Kalsiyum Hidroksitin Özellikleri	27
2.3.2. Kalsiyum Hidroksitin Kanaldan Uzaklaştırılması	29
3. GEREÇ VE YÖNTEM	31
3.1.Örneklerin Seçimi Ve Hazırlanması	31
3.2.Oluklara kalsiyum hidroksit yerleştirilmesi	36
3.3.Oluklara debris yerleştirilmesi	39
3.4.Grupların belirlenmesi	40
3.5.İrrigasyon prosedürü	41
3.5.1. Endoactivator (Gruplar DA ve KA)	43
3.5.2. Eddy (gruplar DE ve KE)	43
3.5.3. SonicLine (gruplar DS ve KS)	44
3.5.4. Kontrol (gruplar DK ve KK)	45
3.6.Skorlama	46
4. İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME	48
5. BULGULAR	48
5.1.Kalsiyum Hidroksit Grupları	48
5.2.Debris Grupları	50
6. TARTIŞMA	54
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	59

8. ÖZET	60
9. ABSTRACT	61
10. KAYNAKLAR	62
11. EKLER	79
12. ÖZGEÇMİŞ	81



SİMGELER VE KISALTMALAR

#: Numara

°: Derece

μ CT: Mikro Bilgisayarlı Tomografi

μ m: Mikronmetre

°C: Derece Celsius

Ca(OH)₂: Kalsiyum Hidroksit

Ca²⁺: Kalsiyum

CaCO₃: Kalsiyum Karbonat

CaO: Kalsiyum Oksit

CFD: Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği

CO₂: Karbondioksit

CO₃⁻: Karbonat İyonu

cpm: Dakikadaki Dönüş Sayısı

EDTA: Etilen Diamin Tetraasetik Asit

Er,Cr:YSGG: Erbiyum, Krom: İtiryum Skandiyum Galyum Garnet

Er:YAG: Erbiyum, İtiryum Alüminyum Garnet

GaAlAs: Galyum Alüminyum Arsenit

H⁺: Hidrojen İyonu

H₂O: su

HOCl: Hipokloröz Asit

Hz: Hertz

ICC: Sınıfıçi Korelasyon Katsayısı

ISO: Uluslararası Standartlar Organizasyonu

kHz: Kilohertz

LPS: Lipopolisakkarit

ml: Mililitre

mm: Milimetre

MTAD: Tetrasiklin, Antibiyotik, Deterjan Karışımı

Na⁺: Sodyum İyonu

NaOCl: Sodyum Hipoklorit

NaOH: Sodyum Hidroksit

Nd:YAG: Neodmiyum: İtriyum, Alüminyum, Garnet

OCl⁻: Hipoklorit Anyonu

OH⁻: Hidroksil İyonu

PCA: Parakloroanilin

PEG: Polietilen Glikol

PIPS: Fotonla İndüklenen Fotoakustik Dalgalanma

PUI: Pasif Ultrasonik İrrigasyon

Rpm: Dakikadaki Devir Sayısı

s: saniye

SEM: Taramalı Elektron Mikroskobu

TNF- α : Tümör Nekroz Faktör-alfa

UI: Ultrasonik İrrigasyon

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Hazırlanan oluğun dişteki konumu ve enine kesiti



RESİMLER DİZİNİ

- Resim 1: Dişlerin kök boylarının ayarlanıp dekoronize edilmesi
- Resim 2: Dişlerin bukkal ve lingual yüzeylerine oluk açılması
- Resim 3: Dişlerin ikiye ayrılması
- Resim 4: Kullanılmayacak şekilde parçalanan örneklerin çalışma dışı bırakılması
- Resim 5: Modifiye ultrasonik ucun kumpasla kontrol edilmesi
- Resim 6: #15 el spreader'ının ucunun 4 mm'den kıvrılması
- Resim 7: Oluşturulan yapay oluğun konumu
- Resim 8: Olukların, el spreaderi ile kontrol edilmesi
- Resim 9: Olukların stereomikroskop görüntülerinin alınması
- Resim 10: Örneklere kalsiyum hidroksit uygulanması
- Resim 11: Birleştirilen diş yarımaları ile medikamentin okluzalden görünümü
- Resim 12: Birleştirilen diş yarımalarının yandan görünümü
- Resim 13: Birleştirilen yarımaların ayrılmaması için geçirilen ortodontik lastik
- Resim 14: Örneklerdeki açıklığın mumla örtülenmesi
- Resim 15: Dentin talaşı ve NaOCl, karışmadan önce ve sonra
- Resim 16: Debris yerleştirmeden önce ve sonra stereomikroskop görüntüleri
- Resim 17: Distile su dolu eppendorf tüpünde bekletilen örnek
- Resim 18: Eppendorf tüplerinin distile su içinde bekletilmesi
- Resim 19: İrrigasyon prosedüründe kullanılan kilitli enjektör ve irrigasyon iğnesi
- Resim 20: Endoactivator ile irrigasyon aktivasyonu
- Resim 21: Eddy aktivasyon sisteminin poliamid uç tasarımı
- Resim 22: Eddy sistemi ile aktivasyon için ucun kanala yerleştirilmesi

Resim 23: 3 parçası birleştirilip cihaza sabitlenen SonicLine sistemi

Resim 24: SonicLine ile irrigasyon aktivasyonu için ucun kanala yerleştirilmesi

Resim 25: Kilitli enjektör ve yandan perfore kanül ile irrigasyon

Resim 26: Skorlama örnekleri



TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1: Grupların dağılımı

Tablo 2: Grupların irrigasyon şeması

Tablo 3: Görsellerin skorlama tablosu

Tablo 4: Sınıf içi korelasyon katsayısı

Tablo 5: Kalsiyum hidroksit temizleme etkinliklerinin değerlendirildiği 4 grupta elde edilen skorların dağılım tablosu

Tablo 6: Kalsiyum hidroksit değerlendirme gruplarının tanımlayıcı istatistik tablosu

Tablo 7: Kalsiyum hidroksit gruplarının Kruskal-Wallis testi ile değerlendirmesi ($p<0.05$)

Tablo 8: Debris temizleme etkinliği değerlendirilen gruplarda skor dağılım tablosu

Tablo 9: Debris temizleme etkinliği değerlendirilen grupların tanımlayıcı istatistik tablosu

Tablo 10: Debris temizleme etkinliği bakılan grupların Kruskal-Wallis tablosu ($p<0.05$)

Tablo 11: Gruplar arası değerlendirme için Dunn-Bonferroni uygulandı ($p<0.05$)

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Endodontik tedavilerin başarısında irrigasyon önemli bir yere sahiptir. Irrigasyonun temel amacı nekrotik dokuları, debris, biyofilm tabakasını, medikamentleri uzaklaştırmak ve kanal sistemini dezenfekte etmektir. Ancak bu işlemin etkinliği, temizlenecek bölgenin kanal girişinden ulaşılabilirliği ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle kanal içindeki girintiler, rezorpsiyonlar, lateral kanallar gibi morfolojik veya patolojik kökenli, temizliği zor bölgelerin daha etkili temizlenmesi için irrigasyon solüsyonunun aktivasyonu önerilmiştir (1). Aktivasyon yöntemleri arasında sonik ve ultrasonik sistemler yaygın olarak kullanılmaktadır (1-4).

Mikroorganizmalar ve oluşturdukları ürünler pulpa ve periradiküler hastalıkların temel sebebi olarak kabul edildiğinden kanal dezenfeksiyonu şarttır (5, 6). Sadece mekanik preparasyonun kanal dezenfeksiyonunda yeterli olmayacağı gösterilmiştir (7). Ancak irrigasyon yapıldığı durumlarda bile enfekte kök kanal sisteminde tam bir sterilizasyon sağlamak neredeyse imkansızdır (8). Bu yüzden iki seans arasında geçen sürede kanalda kalan mikroorganizmaları elimine etmesi ve kanalın tekrar enfekte olmasını engellemesi amacıyla antimikrobiyal ajanların kullanımı düşünülmüştür (9). Kalsiyum hidroksit bu amaçla en sık kullanılan medikamentlerden biridir (10, 11). Tüm yararlarına karşın kalsiyum hidroksit artıklarının kanalda kalması patların tübül penetrasyonunu etkileyerek kanal dolumunun başarısını etkileyebilmektedir (12, 13). Bundan dolayı kanal dolumu öncesi kalsiyum hidroksitin kanaldan tamamen uzaklaştırılması amaçlanmaktadır.

Dentin el aleti veya döner ege sistemleri gibi enstrümanlarla işlem gördüğünde, kalsifiye doku parçalanıp kayda değer miktarda debris meydana getirir. Çoğunluğu küçük mineralize kollajen matris partiküllerinden meydana gelen bu debris yüzeye yayılarak smear tabakası adı verilen bir tabaka oluşturur (14). Debris birikimi kök kanal dolgusunun başarısını negatif yönde etkiler (15) ve enfekte kanallarda dezenfeksiyonun önünde bir engel teşkil eder (16). Debrisin uzaklaştırılması amacıyla irrigasyon yapılması gerekmektedir (17).

Bütün kanal şekillendirmesi bittikten sonra kanalların doldurulmasından önce final irrigasyon safhası rutin pratikte şırıngayla enjeksiyon şeklinde yapılır. Bu süreçte kullanılan solüsyon hacmi, şırınga iğnesinin şekli, solüsyonun kimyasal özellikleri,

solüsyonun kanal duvarlarına temas ettiği toplam süre, solüsyonun ajite edilip edilmediği, iğnenin kanal içinde ulaştığı derinlik, solüsyonun iğneden akış hızı gibi pek çok faktör irrigasyon etkinliğini değiştirebilmektedir. Ajitasyon, çeşitli cihazlarla veya manuel olarak salınım, respirokasyon veya döngüsel bir hareket verilmiş bir ucun kanal içinde solüsyonu aktive etmesidir (3).

Endoactivator (Advanced Endodontics, California, ABD) sistemi, çeşitli boyutlarda polimer uçların kanal içine yerleştirilerek kullanıldığı sonik bir sistemdir. Polimer uç kullanılması sayesinde uçların kanal içinde kırılması, kanalda basamak oluşması veya transportasyon oluşumu gibi risklerin önüne geçilmesi amaçlanmıştır (18). Eddy (VDW, Munich, Almanya) ve SonicLine (Komet Dental, Almanya) benzer şekilde kullanılan yeni sonik aktivasyon sistemleridir. Bu iki yeni sistemin debris ve kalsiyum hidroksit uzaklaştırma etkinlikleri henüz incelenmemiştir.

Bu in vitro çalışmanın amacı, üç farklı sonik aktivasyon sisteminin kanal içindeki debris ve kalsiyum hidroksit medikamentini temizlemedeki etkinliğini karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Oluşturulan hipotez kullanılacak olan sonik aktivasyon sistemlerinin etkinliğinin kontrol grubundan farklı çıkmayacağıdır. Çalışmada bu hipotez test edilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. SMEAR TABAKASI VE DEBRİS

Kök kanal tedavisinin amacı kanal sistemindeki mikroorganizmaları elimine etmek ve bölgenin tekrar enfekte olmasının önüne geçmektir. Bu amaçla kanal dolumu öncesinde mekanik kanal şekillendirme işlemi (enstrümantasyon), irrigasyon solüsyonları ve seans arası kanal içi medikamentlerle desteklenir (19). Mekanik temizleme ve şekillendirme aşamasında organik pulpa materyali ve inorganik dentin debris kanalı duvarında birikerek şekilsiz ve düzensiz smear tabakasını meydana getirir (20, 21).

Smear tabakasının gösterilmesi Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscopy-SEM) ile mümkün olmuş ve ilk olarak 1970'te tanımlanmıştır (22). Bu çalışmada smear tabakası içindeki partiküllerin boyutlarının değişken olduğu ve 0.5–15 μm 'den büyük olmadıkları gösterilmiştir. Bir başka çalışmada da koronalde mekanik preparasyon sırasında oluşan debrisin 2-5 μm kalınlığında olduğu ve dentin tübüllerinin içine de birkaç μm uzandığı belirtilmiştir (23). Ancak buradaki gibi koronal dentinle sınırlı smear tabakası çalışmaları, kullanılan aletlerde farklılık ve yumuşak dokunun varlığı sebebiyle kök kanalındaki dentinin kesimi sırasında oluşan debris tam yansıtamaz. Bu farkı gösteren ilk çalışmada, koronal smear tabakasından farklı olarak kök kanalındaki şekillendirme sırasında oluşan debriste dentin talaşı haricinde odontoblastik süreç kalıntıları, pulpa artıkları ve enfekte kanallarda mikroorganizmaların da mevcut olduğu belirtilmiştir (24). Çoğunluğu inorganik yapıdaki bu tabakanın kalınlığı için, 1 μm (25) ve 1-2 μm (26) değerleri verilmiş ve tübüllerin içine de 40 μm (26) ila 110 μm (27) kadar girebildiği belirtilmiştir. Tabakanın kalınlığı kullanılan kesici aletin tipine, keskinliğine, dentinin nemli/kuru oluşuna göre değişebilmektedir (28-30).

Dentin talaşı, hücre artıkları ve pulpa kalıntılarında oluşan (31) bu smear tabakası iki ayrı katman halindedir:

a) Gevşek yüzeysel çökelti katmanı,

b) Dentin tübüllerinin içine uzanan tıkaç formunda yapışık katman (26, 32-35)

Debrisin tübüllerin içine doğru tıkaç oluşturmasının eğe ve frezlerin mekanik basıncıyla meydana gelmiş olabileceği düşünüldüğü gibi (23), tübüller ve debris arasındaki adeziv kuvvetin yarattığı bir kapillarite etkisi sonucu da olabileceği öne sürülmüştür (36).

Smear tabakasının kaldırılıp kaldırılmaması konusunda çeşitli görüşler vardır. Smear tabakasının bakteri kolonizasyonuna uygun bir ortam olmadığı, bakteriyel metabolitlere karşı bir bariyer görevi gördüğü ve tübüllerin bakterilerce istilasına engel olduğu (37-39) görüşlerine rağmen mikroorganizmaların smear tabakası içinde hayatta kalıp çoğalabildikleri (40-42), dentin tübüllerinin derinliklerine doğru ilerleyebildikleri (43-46) ve tabakanın orada yeni oluşacak bakteri ürünleri için bir depo görevi üstlenebildiği (47) gösterilmiştir. Hayatta kalan bakteriler kanalı tekrar enfekte edebilir (47). Smear tabakasının irrigasyon ajanlarının veya gütta perkayla kanal patının penetrasyonunu azaltabileceği de gösterilmiştir (48, 49). Tübüllerin içinde canlı bakteriler bulunabilir (7) ve smear tabakası dezenfektanların bu bakterilere etki etmesine engel olabilir (42, 50, 51). Kanal patının smear tabakası varlığında tübüllere penetre olamadığı, smear tabakası kaldırıldığındaysa plastik esaslı patların 40-60 µm derinliğe girebildikleri gösterilmiştir (52, 53). Smear tabakasının kalınlığı ve hacmi öngörülememektedir ve içeriğindeki önemli bir kısım sudur (54). Gevşek tutunan kısmı uzun dönemde sızıntıya sebep olabilir (26, 55). Bakteri üremesi için bir substrat vazifesi görebileceği de savunulmuştur (56). Dolayısıyla smear tabakasının elimine edilmesini destekleyen görüşler mevcuttur (57, 58).

Smear tabakasının kaldırılması için kimyasal yöntemler olarak organik doku çözücü etkinliği (51, 59) düşünülerek sodyum hipoklorit (NaOCl) önerilmiş ama yeterli olmadığı görülmüştür (25, 41). EDTA gibi şelasyon ajanlarının kullanımı, bunlara üre peroksit gibi eklentiler yapılması (60), kuarterner amonyum bileşikleri olan setrimid veya setavlon eklenmesi (24, 50), tetrasiklin kullanımı (61), tetrasikline

asit ve deterjan eklenmesi (MTAD) (33); sitrik asit, poliakrilik asit, laktik asit, fosforik asit, tannik asit gibi organik asitlerin kullanımı (24, 44, 62, 63), NaOCl ve EDTA solüsyonlarıyla ardışık irrigasyon yapılması (42, 64, 65), ultrasonik aktivasyon (55, 66), lazerlerin kullanımı (67, 68), Fotonla İndüklenen Fotoakustik Dalgalanma (Photon Induced Photoacoustic Streaming-PIPS) (69) gibi yöntemler denenmiştir.

2.2.İRRİGASYON

Mekanik preparasyon sonrası kök kanalının şeklinin, kullanılan son eğelerin şekliyle aynı olmadığı, özellikle apikal uçluda eğenin şeklini tam yansıtmadığı ve içerde kalan düzensiz alanların mekanik olarak temizlenmesinin her zaman mümkün olmadığı bilinmektedir (70, 71). Çalışmalarda kanal şekillendirme işleminde kanal duvarlarının %35 veya daha fazlasının hiç dokunulmadan kaldığı mikro-bilgisayarlı tomografi (μ CT) ile gösterilmiştir (72). Bu nedenle irrigasyon, mekanik olarak ulaşılabilen alanın ötesinde bir temizlik sağladığı için kök kanal tedavisinin vazgeçilmez bir parçasıdır (73).

Kök kanal sistemi içinde yan kanallar, aksesuar kanallar, çok köklü dişlerde kanallar arası ağ benzeri bağlantılar, fin'ler ve çıkmaz yollar (cul de sac) mevcuttur (74-76). Kanal sisteminden çıkan dallar furkasyona uzanabildikleri gibi apikal bölgede birden çok kanal sonlanması şeklinde bile görülebilir (77). Endodontik kaynaklı lezyonların gelişiminde bu farklı kanal sonlanmalarıyla periodontal ligament arasındaki ilişkinin ve bu açıklıklardan irrigasyon solüsyonlarının çıkması ihtimalinin anlaşılması tedavi kalitesini arttıracaktır (78). Kök kanalları içindeki bu mekanik olarak ulaşılması güç alanların temizliği için hekimler ancak irrigasyon solüsyonunun etkinliğine güvenebilmektedir (2, 79).

Bir irrigasyon solüsyonundan beklenen tüm fonksiyonları gösterebilen tek bir solüsyon yoktur. Bu nedenle 2 veya daha fazla irrigantın kombine ve belirli sırayla kullanılmasıyla güvenli ve etkili, optimal düzeydeki irrigasyonun uygulanması ve istenen etkinin sağlanması amaçlanır (80, 81).

İrrigasyonun temel amacı kanal içinde kalan mikroorganizmaların, dentin talaşlarının, doku artıklarının yıkanıp uzaklaştırılmasıdır. Aynı zamanda sert doku artıklarının apikal alanda tıkaç oluşturmasına veya periapikal dokuya çıkmasına engel olabilir (80). Bunun dışında bazı irrigasyon solüsyonlarının organik veya inorganik doku çözücü etkinliği, mikroorganizmalarla direkt temasta antimikrobiyal etkileri olabildiği gibi; bazı solüsyonların da sitotoksik potansiyeli bulunabilir ve periapikal dokuya sızarlarsa ağrıya sebep olabilmektedir (82).

Optimal bir irrigasyon solüsyonunda bulunması gereken özellikler:

- Debrisi temizleyebilecek bir yıkama etkinliği
- Enstrümanların sürtünmesini azaltacak lubrikant etki
- Dentin temizliğini kolaylaştıracak lubrikant etki
- İnorganik doku çözücü etkinliği
- Kanal çeperine penetrasyon
- Dentindeki kollajen, pulpa dokusu ve biyofilm gibi organik dokuları çözebilme etkinliği
- Biyofilmin içindekiler de dahil olmak üzere bakteri ve mantarları öldürebilme özelliği
- Vital periapikal dokuları tahriş etmemesi
- Kostik ve sitotoksik etkilerinin bulunmaması
- Diş yapısını güçsüzleştirmemesi (80).

2.2.1. İRRİGASYON SOLÜSYONLARI

2.2.1.1.Sodyum hipoklorit (NaOCl)

Sodyum hipoklorit en popüler irrigasyon solüsyonudur. Endüstriyel olarak sodyum hidroksit içinden klorin geçirilerek üretilir (83). Suda sodyum (Na^+) ve hipoklorit (OCl^-) iyonlarına ayrılır, hipokloröz asit (HOCl) dengesi kurulur. Asit ve nötr pH'ta klorin baskın olarak HOCl olarak bulunurken, pH 9 ve üstünde ise OCl^- baskındır (84). Saf sodyum hipoklorit OCl^- baskınlığında pH 12 olarak bulunur (85). Antibakteriyel etkiden güçlü oksidize edici ajanlar olan hipokloröz asit ve OCl^-

sorumludur. OCl^- iyonu, çözünmemiş hipokloröz asit kadar etkili değildir. Hipoklorit anyonu hücre duvarındaki, membrandaki ve hücre içindeki proteinlerin spesifik olmayan degradasyonu ile etki göstererek hücre ölümüne ve hücrenin çözünmesine yol açar (86). Hipokloröz asit hücrelerin yaşamsal fonksiyonlarının çoğunu etkileyerek sonunda mikrobiyal hücre ölümüne giden bir süreç yaratır (87, 88).



(Sodyum hipoklorit denge mekanizması)

Sodyum hipoklorit (NaOCl) güçlü ve ucuz bir solüsyon olup virüs, bakteri ve sporları etkisiz hale getirebilme yeteneğinin haricinde, organik doku çözücü etkinliği ve gevşek debrisi kanaldan uzaklaştırabildiği bilinmektedir (89, 90).

Sodyum hipokloritin etkisini arttırmanın bir yolu solüsyonu ısıtmaktır. Sodyum hipokloritin yaklaşık 60°C 'ye kadar ısıtılmasının doku çözücü etkinliğini arttırdığı gösterilmiştir (91). 20°C %5,25'lik solüsyon ile 45°C %1'lik solüsyonların dental pulpa dokusunu çözme etkinliklerinin benzer olduğu görülmüştür (92). İrrigasyon solüsyonlarının ısıtılması, duvarları şekillendirilmiş kanalda kullanılması ve yeterli sürede duvarlara temas etmesi irrigasyon potansiyelini maksimize edecektir (92). Organik doku çözücü etkiden sorumlu olan klorin stabil değildir ve doku çözme aktivitesinin ilk fazında, yaklaşık 2 dakika içinde hızlıca tükenir (81, 93). Bu nedenle sürekli taze solüsyonun kanal içine verilmesi önerilir.

Sodyum hipoklorit genellikle %0.5 ila 6 arası konsantrasyonlarda kullanılır. Güçlü bir antimikrobiyal olup çoğu bakteriyi temas anında öldürür. Pulpa kalıntıları ve dentindeki kollajeni etkin bir şekilde çözer. Genel kullanımdaki irrigantların arasında nekrotik ve vital organik dokuları çözebilen yegane solüsyondur. Her ne kadar smear tabakasını tek başına kaldıramasa da, tabakadaki organik bileşenleri etkileyerek kendisinden sonra kullanılacak olan EDTA ve sitrik asit gibi irrigantlarca uzaklaştırılmasını kolaylaştırır. Tamponlanmamış hali (pH 11) çeşitli konsantrasyonlarda kullanılabilir; veya bikarbonatla tamponlanmış solüsyonu (pH 9) %0.5 veya 1'lik konsantrasyonda kullanılabilir. %0.5'lik konsantrasyonda, tamponlanmış solüsyona Dakin solüsyonu adı verilir(84). Tamponlama işleminin hipoklorit etkinliğini kayda değer bir şekilde arttırmadığı görülmüştür (94).

Ortamda başka bir etki olmadığında sodyum hipokloritin mikroorganizmaları çok düşük (%0.1'den bile az) konsantrasyonlarda bile saniyeler içinde öldürebildiği, ancak in vivo ortamda organik madde (enflamatuvar eksuda, doku artıkları, bakteri biyokütlesi) varlığında antimikrobiyal etkinliğin yavaşlayıp azaldığı görülmüştür. Dolayısıyla irrigasyon hacmi ve total irrigasyon süresinin uzunluğu etkinliği arttıran faktörlerdir (95-97).

Yüksek ve düşük konsantrasyonlardaki sodyum hipokloritin nekrotik kanallardaki anaerobik bakterilere karşı antibakteriyel etkileri arasında anlamlı fark bulamayan araştırmalar olduğu gibi (8, 98); biyofilm bakterilerine karşı %3 ve %6'lık konsantrasyonlar arasında fark bulan araştırma da mevcuttur (99). Yüksek konsantrasyonlardaki sodyum hipokloritin daha etkili doku çözücü özelliği olmasına karşın (89), düşük konsantrasyondaki solüsyonun yüksek hacimde ve sık sık yenilenerek kullanılmasının da aynı etkiyi gösterebileceği bildirilmiştir (93). Saklama koşulları ve rafta bekleme süresi de sodyum hipoklorit etkinliğini değiştiren faktörlerdir. 30°C ortamda uygun koşullarda saklandığında; %3'ten yüksek konsantrasyonlu sodyum hipoklorit 3-6 ay raf ömrüne sahipken düşük konsantrasyonda (%1) 23 aya kadar etkinliğini sürdürdüğü gösterilmiştir (85, 100). Sodyum hipokloritin tamponlanması raf ömrünü kısaltmaktadır (101).

Sodyum hipokloritin zayıf yönleri arasında, toksik olması, kötü tadı, sadece organik doku çözdüğünden dolayı smear tabakasını tek başına kaldıramıyor oluşu sayılabilir (102). In vitro koşullardaki güçlü etkinliğine karşılık in vivo ortamda etkinliğinin azalıyor olması da bir zayıflık sayılabilir ve bu durum solüsyonun kök kanallarında anastomozlar, lateral kanallar, dentin kanalcıkları, fin gibi ulaşılması güç bölgelere penetre olamayışıyla ilişkilendirilebilir (96).

Yüksek konsantrasyondaki (%5,25) sodyum hipokloritin uzun süre temasta dentine zarar verebileceği ve bükülme dayanımıyla elastisite kaybına yol açabileceği ancak bu zararın %0,5'lik sodyum hipokloritte görülmediği gösterilmiştir (103, 104). Konsantrasyon arttıkça toksisitede de artış görülmesinden dolayı kanal sınırlarını aşan en ufak miktar bile dokuda şiddetli irritasyona yol açabilir (82).

Sodyum hipoklorit ile irrigasyon kazalarında: şiddetli ağrı, çevre yumuşak dokularda ödem, ekimoz, kanaldan durdurulamayan kanama gelmesi, etkilenen

bölgede sekonder enfeksiyonlar ve reversibl/irreversibl doku hasarı meydana gelebilir. Bu durum apikal daralmanın görülmediği rezorpsiyon vakalarında, oluşumu tamamlanmamış genç dişlerde, irrigasyon basıncının gereğinden fazla arttırıldığı durumlarda, irrigasyon derinliğinin doğru ayarlanamaması durumunda veya iğnenin kanalda sıkışması sonucu meydana gelebilir (82).

2.2.1.2.Şelasyon Ajanları -Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA)

EDTA içeren şelasyon ajanları, smear tabakasını kaldırmak ve belirgin olarak dar kanallarda kanal uzunluğuna erişebilmek amacıyla kullanılmakta olan irrigasyon solüsyonlarıdır. Visköz (jel) yapıdaki şelatörlerin işlevi genelde kanallara ilk girişte lubrikasyon, emülsiyonlaştırma ve debris süspansiyon içinde tutmaktır. Aköz (likit) yapıdaki şelatörler ise kök kanal tedavisi sırasında veya final irrigasyon safhasında smear tabakasını çözmek amacıyla kullanılırlar.

EDTA aynı zamanda sürfaktan olduğu için yüzey gerilimini düşürerek irrigasyon sirkülasyonunu ve penetrasyon potansiyelini artırır. %17'lik aköz EDTA solüsyonunun şekillendirilmiş kanal duvarına 1 dakika boyunca temasının smear tabakasını kaldırdığı gösterilmiştir (105, 106).

Şelasyon ajanlarının işlem görmüş kök kanal duvarından smear tabakasını çözebilme yeteneğine rağmen (42) hem organik hem inorganik dokuyu tamamen çözüp uzaklaştırabilen irrigasyon solüsyonu bulunmamasından dolayı, çeşitli solüsyonların kombine kullanılması önerilmiştir (42, 59, 62). EDTA'nın tek başına kullanılmasında organik doku artıklarının temizlenemediği, sodyum hipokloritin tek başına kullanıldığında smear tabakasının tam temizlenemediği; sodyum hipoklorit ve EDTA'nın kombine kullanımında ise smear tabakası, pulpal kalıntılar ve predentinin tamamen temizlendiği; geride düzgün, tübül ağzları açıkta bir dentin yüzeyi kaldığı ancak açığa çıkan ekzosferitlerin erozyona uğramış görüntüye sahip olduğu gösterilmiştir (20). Enstrümantasyon sonrası maksimum temizleme etkinliği için şelasyon ajanlarının bir doku çözücü solüsyonun ardından kullanılması önerilmektedir (20, 42). Solüsyon hacmi olarak en etkin temizlik için 10 ml EDTA ardından 10 ml

NaOCl önerilmekle birlikte (42, 107) EDTA ve NaOCl'nin dönüşümlü kullanılmasını önerenler de olmuştur (20).

EDTA genellikle %17'lik konsantrasyonda, nötrale edilmiş olarak (disodyum EDTA, pH 7) kullanılır. Ancak daha düşük konsantrasyonlarda (örn: %10, %5 hatta %1) da, sodyum hipokloritin ardından kullanılırsa %17'lik solüsyona eşdeğer smear kaldırma potansiyelinin bulunduğu gösterilmiştir. Maliyeti azaltmak için dilüe edilmiş halde kullanılabilir (80).

2.2.1.3.Sitrik asit

EDTA gibi, inorganik doku çözücü etkinliğinden yararlanılabilen bir başka solüsyon da sitrik asittir. Hidroksiapatit dahil olmak üzere, inorganik dokuyu etkili bir şekilde çözer (62, 65). Tıpkı EDTA gibi, tek başına kullanıldığında antibakteriyel etkinliği yok sayılır. %1 ila %50 arası değişken konsantrasyonlarda satılabildiği gibi en yaygın olarak %10'luk konsantrasyonda kullanılır.

EDTA veya sitrik asit, enstrümantasyon tamamlandıktan sonra, NaOCl irrigasyonunun ardından 2-3 dakika süre ile kanalda kullanılır. EDTA veya sitrik asit sayesinde smear tabakasının kaldırılmasıyla, kullanılan dezenfektanın dentinin daha derin katmanlarına penetrasyonu ve dolayısıyla antimikrobiyal etkinliği artmış olur (108, 109).

EDTA ve sitrik asit likit veya jel formda bulunabilmektedir. İki formun birbirine bir üstünlüğü gösterilmemiş olmasına karşın, belirli bir alana koyulan solüsyon çözünen inorganik yapıyla hızla doymuş hale geleceğinden likit form kullanılıp solüsyonun sürekli yenilenmesi önerilebilir (57, 81).

2.2.1.4.Klorheksidin diglukonat

Klorheksidin diglukonat, antimikrobiyal aktivitesinden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır (110, 111). Endodontide hem irrigasyon solüsyonu hem de kanal içi medikament olarak kabul görmüştür. Sodyum hipokloritin sahip olduğu kötü tat-koku ve periapikal dokularda yüksek tahriş riski klorheksidin diglukonatta

bulunmamaktadır. Ancak doku çözücü etkinliği olmadığından asla sodyum hipokloritin yerini tutamaz.

Klorheksidin diglukonat mikrobiyal hücre duvarı veya dış mambandan sızarak bakteriyel sitoplazmik veya iç membrana, mantarlarda ise plazma membranına saldırır. Yüksek konsantrasyonlarda intrasellüler komponentlerde koagulasyona neden olur (84). Klorheksidin diglukonatın çok tercih edilmesinin en önemli sebebi antimikrobiyal etkisinin bir süre daha devam etmesidir; sert dokuya bağlanarak etkisini sürdürür. Ancak tıpkı diğer solüsyonlar gibi etkinliği ortam pH'ından ve organik doku varlığından etkilenir (111).

Klorheksidin diglukonat sodyum hipokloritle karşılaştırıldığında, kanal içi enfeksiyonlarda benzer antimikrobiyal etkinliğe sahip olmasına karşın, organik dokuları çözemez. Rezidüel organik dokunun hermetik kanal dolgusuna negatif etki edebileceği düşünüldüğünde sodyum hipokloritin gerekliliği anlaşılabilir (112-115). %2'lik klorheksidin diglukonat, final irrigasyonda EDTA solüsyonu sonrasında kullanılan sodyum hipoklorit gibi dentin erozyonuna yol açmadığı için, tüm kemomekanik temizlik bittikten sonra kullanılacak son solüsyon olarak tercih edilebilir (116).

2.2.1.5.Solüsyonlar arası etkileşimler

Sodyum hipoklorit ve EDTA en sık kullanılan irrigasyon solüsyonlarıdır. Farklı etki mekanizmaları olduğu için karıştırılarak kullanılmaları denenmiş ancak karışıtları anda EDTA'nın sodyum hipokloritin serbest klorin miktarını dolayısıyla etkinliğini azalttığı görülmüştür (117).

Doku çözücü etkinliği olmayan klorheksidin diglukonatı sodyum hipokloritle karıştırarak kullanmak ise oluşan çökelti yüzünden mümkün değildir. Oluşan turuncu-kahverengi çökelti demir ve parakloroanilin (PCA) içermektedir, parakloroanilinin mutajenik potansiyeli vardır (118, 119). EDTA ile klorheksidin diglukonat karışımında ise beyaz bir çökelti oluşur (80).

2.2.1.6.Dentin erozyonu

Kök kanal tedavisinin amaçlarından biri diş yapılarını korumak olduğu için dentin erozyonunun uzun vadede zararlı olabileceği ve mümkün olduğu kadar erozyondan kaçınılması gerektiği görüşüne varılmıştır (80). Sodyum hipoklorite uzun süre maruz kalmanın dentindeki bükülme dayanımı ve elastiklik modülünü düşürdüğü görülmüştür (104). Kemomekanik preparasyon tamamlandıktan sonra EDTA veya sitrik asitin ardından kullanılan sodyum hipokloritin ise çok kısa süreli irrigasyonla bile kanal duvarlarındaki yüzey dentininde belirgin erozyon yaptığı görülmüştür (120). Torabinejad ve ark, sodyum hipoklorit irrigasyonu ile kanal enstrümantasyonu ardından 5 dakika boyunca %17'lik EDTA ile final irrigasyonu sonrası tübüllerde dentin erozyonu taramalı elektron mikroskobu ile göstererek alternatif olarak tetrasiklin, asit ve deterjan karışımı olan MTAD solüsyonunu önermişlerdir (33).

2.2.1.7.Ulaşılabilen alanların temizlenmesi

Enstrümante edilebilen alanlarda irrigasyon rahat ve etkin olmasına rağmen kök kanallarında kanal aletlerinin ulaşamadığı ve temas edemediği alanlar da mevcuttur. Bu alanlardan nekrotik dokuların, debris ve biyofilm tabakasının temizlenmesinde uygun miktarda sodyum hipoklorit kullanımı önemli bir rol oynar. Özellikle kanallar arası anastomozlar kanal şekillendirme esnasında inorganik içeriği oldukça yüksek debrisle dolar (121). Temizliğinde sodyum hipoklorite ek olarak ajitasyon teknikleri denenebilir (80).

2.2.1.8.Vapor lock etkisi

Kök kanal sistemi in vivo koşullarda apikalde kemik soketiyle sonlandığından bir kapalı kanal sistemi olarak kabul edilir. Kapalı kanal sistemlerinde apikal alanda bir gaz baloncuğu sıkışıp kalabilmektedir (122-124). Buna vapor lock etkisi denir.

Normalde sıvının kök kanal duvarı gibi bir yüzeye yayılmasında sıvının yüzey temas açısı ve kılcal borunun genişliği etkili faktörlerdir. Sıvı kılcal bir boruya ilk girişinde tamamen boruyu doldurabileceği gibi, ortamda bulunan gaz/buharı kapalı

uca doğru ittirerek orada hapsedebilir (124). Gaz baloncuğunun sıkışması konusunda: sıvının yüzey açısı ile kapalı uçlu konik borunun duvar açısı arasındaki ilişki, boru ağzının kavite açısı ile yüzey gerilimi arasındaki ilişki (125), sıvı-gaz arası temas bölgesindeki buharlaşmanın etkisi (126), kapiller kuvvet (127) gibi etkenler incelenmiştir.

Apikal bölge 30 numaralı kanal aletine kadar bile genişletilse vapor lock etkisi nedeniyle NaOCl'nin çalışma boyundan 3 mm'den yakına gidemeyebileceği gösterilmiştir (128). Bu bölgede, kanal boyunca organik dokuyla etkileşime giren NaOCl'nin meydana getirdiği gaz baloncuklarının da kanaldan çıkamayıp birikmesi ihtimaller dahilindedir (129).

Sıkışan gaz baloncuğunun bulunduğu yerde, solüsyonun yeni gelen solüsyonla değişemediği bir “durgun su bölgesi” (dead water zone) meydana gelir, sonuçta bu alanda debris retansiyonu oluşabilir. Aktivasyon teknikleri kanala uygulansa bile kavite ve akustik mikroakımlar sadece su ortamında oluşacağı için aktivasyon ucunun apikalde sıkışan gaz baloncuğunun içinde titreşim uygulaması bölgenin temizleneceği anlamına gelmez (129). Solüsyonların ajitasyon teknikleriyle etkinliklerinin artırılması gaz baloncuğunun sıkıştığı alandan çıkarılıp durgun bölgede kanal duvarlarına yeni solüsyonun temas etmesini sağlayacaktır. İrrigasyon sistemleri ile yapılan in-vitro çalışmalarda kanalların kapalı sistem olarak ayarlanması in vivo koşullara daha yakın sonuçlar sağlayacaktır (130).

Vapor lock baloncuğunun ortadan kaldırılmasında klinik koşullarda en pratik ve ucuz yöntem manuel dinamik aktivasyon tekniği; yani kanalın son genişletmesine uyan bir güttä perka konunun kanal içinde hızla apiko-koronal yönde hareket ettirilmesidir. Bu şekilde güttä perka üstüne bulanmış olan ince bir solüsyon filmi beraberinde hava boşluğuna taşıyacak ve apikal alana solüsyonun temas ettiğinden emin olunacaktır (3).

2.2.1.9.Kanal irrigasyonunda akışkanlar dinamiği

Hesaplmalı akışkanlar dinamiği (Computational fluid dynamics - CFD) deneysel ve teorik akışkanlar dinamiği gibi akışkanları inceleyen ve endodontide

apikal bölgenin irrigasyonunu anlamada yararlanılan yeni bir yaklaşımdır. In vivo değerlendirilemeyen sıvı akış hattı, sıvının hız dağılımı, kanal duvarlarındaki akım basıncı, kanal duvarındaki kesme gerilimi gibi parametreleri değerlendirir. Bu yaklaşımla üretilmiş bir türbülans modelinin in vitro kanallardaki irrigasyona benzer olduğu görülmüştür (131). Bu sistemle, kanal duvarına temas eden irrigasyon solüsyonunun yerine yenisinin gelmesinde irrigasyon akış hızının önemli bir faktör olduğu ve irrigasyon etkinliğini doğrudan etkilediği gösterilmiştir (132).

Türbülanslı akımda kanal çeperlerine bitişik olan ince bölgede visköz bir tabaka oluşur. Bu sınır tabaka kalınlığının sadece %1'i kadar olup, burada türbülans akımı zorlanır, transportasyon kısmen gerçekleşir. Duvarın limitine yaklaşıldığında ise sadece visköz difüzyonla transportasyon gerçekleşir (133). Bundan dolayı kök kanal sistemi gibi ince boru benzeri akış sistemlerinde en hızlı akış ortadaki türbülanslı akım bölgesinde, en yavaş akım ise duvarlara temas eden alanda gözlenir. Bu yetersizliği geliştirmek ve periferal bölgelere daha etkin akış sağlayabilmek için irrigasyon etkinliğini geliştirecek sistemler ve değişik iğne uçları geliştirilmektedir (80).

Hesaplmalı akışkanlar dinamiği sistemiyle modelleme yapılarak incelenen, apikal çapı 35-50 arası değişen dişlerin %48'inde vapor lock etkisi görüldüğü; kanal çapının artması, irrigasyon solüsyonunun akış hızı, irrigasyon iğnesinin çalışma boyuna yaklaştırılması gibi durumlarda daha az/küçük boyutlu hava kabarcığı görüldüğü bildirilmiştir (134).

2.2.2. İRRİGASYON CİHAZLARI VE TEKNİKLERİ

2.2.2.1.Şırıngalar

1-20 ml arası değişen hacimlerde plastik şırıngalar endodontik irrigasyonda en çok kullanılan aletlerdir. Geniş hacimler zaman kazandırabileceği gibi, basınç verilmesi zor olacağı için kazalar da yaşanabilir; bu nedenle genelde 1-5 ml arası şırıngalar önerilir. Endodontide kullanılan irrigasyon şırıngalarının hepsinin Luer-lok

dizaynına sahip olması beklenir. İrrigasyon solüsyonları arasında kimyasal reaksiyonlar gerçekleşebildiği için her solüsyon için farklı şırınga kullanımı önerilir (80).

2.2.2.2.İğneler (Kanüller)

Diş hekimliğinde anestezi amacıyla kullanılan iğneler uçtan perfore olduğu için irrigasyon için kullanıldıklarında solüsyonun periapikal alana taşma riski mevcuttur (135). Bu sebeple uç kısmı kapalı, yanda bir veya daha çok açıklığı bulunan kanüller üretilmiştir. Yandan perfore iğnelerin irrigasyon sırasında hidrodinamik aktivasyonu da arttırdığı görülmüştür (136). Bu kanüllerin en uygun kullanımının apikalden 1-2 mm koronalde konumlandırılarak kullanılması olduğu bildirilmiştir (137, 138). Solüsyon kanülün ucundan en fazla 1 mm ileriye gidebilmektedir (139). Uygulanan bir ajitasyon metodu olmadıkça apikal alandaki debris temizlemede yetersiz olduğu görülmüştür (130).

Yıllarca 25 gauge iğne uçları kullanılmasına rağmen son zamanlarda önce 27 gauge, ardından 30 ve 31 gauge iğneler yaygınlaşmaya başlamıştır. 27-G iğne ucunun dış çapı ISO standartlarında 0,42 mm'ye; 30-G ise 0,31 mm'ye eşdeğerdir. Daha ince iğnelerin kanalda daha derine ilerleyebilmesi sonucu irrigasyon etkisinin artacağı gösterilmiştir (128, 140). Solüsyonun iğneden çıktıktan sonra yalnızca kısa bir mesafede etkili olduğu, hava kabarcığı (vapor lock etkisi) gibi engeller yüzünden apikale kadar ulaşamadığı bilindiğinden çalışma boyuna daha çok yaklaşabilen ince iğneler tercih edilse bile, iğne derinliği arttıkça güvenlik önlemi olarak periapikal alana solüsyon sızmasının önüne geçilmesi gerekir. İrrigasyon basıncının sadece apikalden taşma riskini arttırdığı, irrigasyonun etkinliğini arttırmadığı bilinmektedir (141).

2.2.2.3.Pasif ve Aktif İrrigasyon

Pasif irrigasyon, solüsyonların çeşitli çap ve fleksibiledaki kanüllerle kanala yavaşça enjekte edilmesidir. Bu yöntemde solüsyonlar kanal içinde pasif olarak dağılmış halde bulunur. Kanül kanal içinde serbest durumdadır ve irrigasyon solüsyonunun çıkışına izin verecek alan bırakarak debrisin koronale hareketine olanak

sağlar (142). Daha derine etkin bir şekilde yerleştirilebilmesi için ince kanüller tercih edilebilir (140).

Solüsyonların durağan bir depo olarak kalması penetrasyon ve sirkülasyon gibi aşamalara olanak vermediği için pasif irrigasyonun limitasyonları mevcuttur (18). Kök içi düzensizlikler gibi alanlarda pasif irrigasyonun kanal içi enfeksiyonların eliminasyonuna yetmediği bilinmektedir(16). Hidrodinamik etki sağlayabilmek amacıyla solüsyonların aktivasyonu düşünülmüştür. Solüsyonların ajitasyonunu sağlayan çeşitli cihaz ve teknikler mevcuttur (3).

2.2.3. İRRİGASYON SOLÜSYONLARININ AKTİVASYONU

2.2.3.1.MANUEL AKTİVASYON YÖNTEMLERİ

Elle yapılan aktivasyon teknikleri kanal içinde hızla ileri geri harekete dayanır. Bu amaçla şırınga iğneleri, fırça kaplanmış irrigasyon iğneleri veya gütta-perka konuları kullanılabilir.

2.2.3.1.a. Şırınga İle Aktivasyon

Şırınga iğnesi ile manuel aktivasyon kolay ve ucuz bir yöntemdir. Solüsyon verilmeye devam edilirken kanal içinde yukarı aşağı hareket sağlanacağından, uçtan değil yandan perfore iğne kullanımı solüsyonun apikal bölgeden taşma ihtimalini azaltacaktır (143, 144).

2.2.3.1.b. Manuel Fırçalar

Kanal içindeki debris ve nekrotik artıkların uzaklaştırılmasına yardımcı olmak için irrigasyon iğnelerinin fırçayla kaplandığı sistemler geliştirilmiştir.

NaviTip FX (Ultradent Products Inc, Utah, ABD) sistemi 30 gauge çapında fırçalara sahip bir sistemdir (145). Apikal ve orta üçlüde fark yaratmamasına rağmen

koronal bölgede etkin debris temizliği yaptığı görülmüştür (145). En uygun kullanımının apiko-koronal yönde kısa hareketlerle kanalı fırçalama şeklinde olduğu belirtilmesine rağmen; bu hareket fırça kıllarının koparak kanal içi düzensizliklere yerleşmesi ve radyolüsent oldukları için de durumun fark edilememesi riskini beraberinde getirir.

Endobrush (C & S Microinstruments Limited, Markham, Ontario, Kanada) sistemi spiral dizilmiş fırça kıllarına sahip, hem 90° dönme hem de 2-3 mm genlikte fırçalama hareketiyle kullanılan uçlar içerir. Fırça uçlarının temizlik sırasında kanal içi girintileri temizleyeceği düşünülmeye rağmen kalın çaptan dolayı çalışma boyunun bütüne ulaşamayacağı, ulaştığı alanda debris temizlemede etkili olduğu bildirilmiştir (146). Kanalın bütününe hakim olamaması, ulaşamadığı apikal kısma debris itip sıkıştırması ihtimalini doğurmaktadır.

2.2.3.1.c. Manuel Dinamik İrrigasyon

Manuel dinamik irrigasyon ise, kanal genişletme işlemi bittikten sonra son genişletmenin çapına uygun bir gütta-perka konunun kanal içinde irrigasyon solüsyonu varken elle ileri geri hareket ettirilmesi ile hidrodinamik etki elde edilmesine dayanan bir yöntemdir. Kanal içine solüsyon verildikten sonra, dakikada 100 vuruşla, çalışma boyuna erişilerek 5 mm aplitüdde gütta-perka hareketi sağlanacak şekilde standardize edilmiştir (147). Kolay ve ucuz bir yöntem olması avantaj sağlamaktadır. Eğimli kanallarda vapor lock etkisiyle normalde solüsyonun erişemediği apikal bölgeye ulaşmasında hidrodinamik etkiyle fayda sağlayabileceği bildirilmiştir (148). Pasif (statik) irrigasyona ve RinsEndo gibi sistemlere göre daha etkili olduğu belirtilmiştir (147, 149, 150).

2.2.3.2.Mekanik Aktivasyon Yöntemleri

2.2.3.2.a. Mikro fırçalar

Manuel olarak veya bir sonik, ultrasonik veya döner sisteme adapte edilerek kullanılabilen mikro fırçaların kullanımı önerilmiştir (151). Ruddle Brush, ucunda 0.2-

0.7 mm, en koronal kısmında 1-2 mm genişlikteki fırça gövdesi 16 mm olarak, taper miktarı da 0.06-0.12 mm/mm olan döner fırça sistemidir. Gövdeden radyal olarak yayılan fırça kıllarının 300 rpm hızla hareket ettirilmesiyle kanal duvarlarından debris temizlenmesi amaçlanmıştır.

Daha sonra CanalBrush (Coltene/Whaledent GmbH+Co. KG, Almanya) sistemi 600 rpm ile döner sistemlerle veya manuel olarak kullanılmak üzere piyasaya sürülmüştür. Sistem kıvrık kanallarda da kullanılabilmesi için ekstra esnek olarak tasarlanmıştır (152). Ucu #25 eğeye denk, 0.02 taper'a sahip, 0,4 mm'den kısa çıkıntıları olan polipropilen uçları vardır. Debris ve smear tabakası temizleme etkinliğini arttırdığı belirtilmiştir (153).

2.2.3.2.b. Döner aletle enstrümantasyon sırasında sürekli irrigasyon

Endodontik motorlara takılarak enstrümantasyon esnasında devamlı irrigasyon sağlayan Quantec-E (SybronEndo, California, ABD) sistemi geliştirilmiştir. Bir pompa konsolu, iki irrigasyon rezervuarı ve bir tüp sistemi ihtiva eder. Amaç kullanılan solüsyon hacmini, penetrasyon derinliğini, solüsyon temas süresini uzatmak olmakla birlikte; yapılan çalışmalarda apikal ve orta üçlüde etkinlikte bir avantaj sağlamadığı belirtilmiştir (154, 155).

2.2.3.2.c. Sonik sistemler

Sonik cihazlar kök kanal sistemi içinde aktive edildiğinde aletin ucu çevresinde hafif bir dalgalanma meydana getiren sistemlerdir. Sonik sistemlerin endodontide kullanımı ilk olarak 1985'te önerilmiştir (156). Salınım yaklaşık 1-6 kHz arasındadır (157). Ultrasoniğe göre daha küçük kesme gerilimi yaratır (158). Döngüsel hareket yapmazlar, üretilen sinüzoidal salınım cihazdan aletin ucuna doğru iletilir. Hava basıncıyla sonik titreşim uygulanarak kullanılan özel kanal aletleri üretilmiştir: Rispi Sonic, Trio-Sonic, Helio Sonic vb... RispiSonic (MicroMega, Fransa) eğeleri

değişken taper'lı olup, kesme etkinliğine sahip olduğu için kanal içinde sıkışması durumunda preparasyonu bitmiş kanal duvarlarına zarar verebilir.

Sonik sistemlerin biyofilm uzaklaştırmada irrigasyon etkinliğini arttırdığı bilinmektedir (159). Kesme etkinliği olan eğerlere sonik titreşim uygulandığında oluşabilecek apikal transportasyon ihtimali üzerine, kesme etkinliği bulunmayan polimer uçlara sahip EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, ABD) geliştirilmiştir.

i. Endoactivator

Endoactivator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, ABD) farklı boyutlarda polimer uçlara sahip bir sonik aktivasyon sistemidir. Firma, kök kanal duvarlarında, kıvrık kanallarda bile hasar oluşturmadığını belirtmiştir. Genişletme işlemi tamamlanan kanallarda hızlı, etkin, ucuz ve kolay bir kullanıma sahiptir. Kıvrık kanallı molar dişlerde bile temizleme etkinliği gösterilmiştir (160). Aynı zamanda kanal içi düzensizliklerdeki inatçı kalsiyum hidroksitin temizlenmesinde de etkilidir (161).

Kullanım sırasında Endoactivator'un ucu, hareketi sayesinde içi solüsyonla dolu pulpa odasında da gözlenebilen bir debris bulutu meydana getirir. Endoactivator sisteminin temel fonksiyonu akustik akış ve kavitasyonla enerjik bir kanal içi sıvı ajitasyonu sağlamaktır. Bu hidrodinamik aktivasyon, solüsyonun erişilmesi güç bölgelere penetrasyon, sirkülasyon ve akışını artırır (18).

Cihaz 33–167 Hz frekans arasında çalışır (159). 3 hız ayarı vardır: 2.000, 6.000, 10.000 cpm (cycles per minute-dakikadaki dönüş). Debridmanı en etkin hale getirmek için önerilen hız 10.000 cpm'dir (160). Sarı, kırmızı ve mavi renk kodlu polimer uçların boyutları sırasıyla 20/.02, 25/.04, ve 30/.06'dır. 22 mm uzunluğunda, dayanıklı ve fleksibl medikal polimerden üretilmiş uçlardır. Perforasyon, basamak veya transportasyon oluşturmaz. Gerektiğinde hafif bir kurvatür verilerek kanala uygulanabilir (18). EndoActivator'ün ultrasoniklere, manuel dinamik irrigasyona ve RinsEndo sistemine göre apikal alana daha az solüsyon taşıdığı görülmüştür (162).

Polimer uç dayanıklı olmakla birlikte kırılması durumunda radyolüsent olduğu için yerinin tespiti zordur.

Genişletmesi tamamlanmış kanallarda, çalışma boyundan 2 mm eksikçe gevşekçe yerleşebilen uçların seçilmesi önerilmiştir (163). Sıkışmayan ve rahatça hareket edebilen uçların irrigasyon dinamiğini arttıracığı bilinmektedir (158). Vibrasyon halindeki uç, kanal içinde 2-3 mm vertikal ileri-geri hareketlerle uygulanır. Kanal içindeki solüsyonda bir dalgalanma oluşur ve bu dalgalar kanal duvarlarına çarparak kırılır. Oluşan çalkalanmada solüsyon içinde baloncuklar meydana gelir. Bu baloncuklar giderek büyür ve kararsız hale gelir, ardından implozyon denilen içe doğru patlamalarla minyatür şok dalgalarına sebep olurlar. Dalgalar saniyede 25.000-30.000 defa oluşup dağılır. Dağılma esnasında çevredeki biyofilm tabakasına nüfuz ederek onu dağıtır. Baloncuklardaki implozyon, solüsyonun sıcaklığını da hafifçe yükselterek yüzey temizleme etkinliğini artırır. Hidrodinamik olay; kanal şekli, aktivatör ucun boyutu, aktivasyon süresi, solüsyon hacmi, aktivatörün hareketi ve solüsyonun sıcaklığı ile ilişkilidir. Klinik kullanımda önerilen, sodyum hipokloritin kanal boyunca 60 s aktivasyonudur (18, 164).

ii. Vibringe

Vibringe (Vibringe B. V. Corp, Amsterdam, Hollanda), manuel solüsyon akışı ile sonik aktivasyonu birleştiren bir irrigasyon aktivasyon cihazıdır (165). 2-3 kHz frekansta çalışır. Herhangi bir irrigasyon enjektörüne birleştirilebilen kablosuz bir sistem olup standart bir iğne ucuyla kanal içine devamlı ve pulsatil şekilde solüsyon aktarımı sağlar. Sonik akış ve akustik dalgalanma prensibine dayanan bir sistemdir (166). Apikalden debris ekstrüzyonu açısından konvansiyonel irrigasyon ve EndoVac sistemleriyle Vibringe arasında fark yoktur (167). Kök kanal düzensizliklerinden debris temizlenmesinde ise konvansiyonel şırınga irrigasyonundan apikal alanda daha etkili olmakla birlikte ultrasonik sistemler kadar etkin bulunmamıştır (165).

iii. Eddy

Eddy (VDW, Munich, Almanya) sonik aktivasyon amacıyla üretilmiş bir sistemdir. 5000 ila 6000 Hz frekansla salınım yapan, apikali 0.2 mm çapında, boyu 28 mm, dentinden daha yumuşak poliamid uçlara sahiptir. Ucun poliamid olmasının hem kanal içinde çalışmaktayken kırılma riskini azalttığı hem de ucun dentine hasar vermesine engel olduğu belirtilmiştir. Yüksek frekanslı titreşim uca aktarıldığında uç yüksek amplitüdü salınım hareketi yapar. Solüsyon içinde oluşturduğu kavite ve akustik akım etkisi uç boyunca sarmal girdaplar yaratır.

Eddy sisteminin kıvrımlı ve düz kanallardaki antibakteriyel etkinliği pasif ultrasonik irrigasyona eşdeğer bulunmuştur (168). Kanal içi düzensizliklerden organik doku çözücü etkinliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada pasif ultrasonik irrigasyon ve EndoActivator ile benzer sonuçlar vermiştir (169). Düz kanalların koronal, orta ve apikal bölgelerinden smear ve debris uzaklaştırma etkinliklerinin incelendiği bir çalışmada manuel irrigasyondan daha etkili olduğu ve pasif ultrasonik irrigasyon ile benzer sonuçlar gösterdiği belirtilmiştir (170).

iv. SonicLine

SonicLine (Komet Dental, Almanya) yakın zamanda piyasaya çıkan bir sonik aktivasyon sistemidir. Aktivasyon ucu; sonik uç, uç tutucu, sıkıştırma klemp olmak üzere 3 parçadan meydana gelmektedir. Sistemin sonik uçları nikel titanyumdan üretilip üstü titanyum nitrit kaplanmış esnek uçlardır. Küt uçlu olması ve çıkıntıları bulunmaması dolayısıyla apikalden debris ekstrüzyonu ve kanal duvarlarında hasara sebep olmayacağı iddia edilmektedir. Literatür bilginiz dahilinde henüz bu konuda yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır.

2.2.3.2.d. Ultrasonik sistemler

Ultrasonikler yaklaşık 20-40 kHz frekansta çalışan sistemlerdir. 1957 yılında endodontide kullanımı önerilmeden önce uzun süre periodontoloji alanında kullanılmıştır (171). Endodontide kullanmaya uygun endodontik sistemin piyasaya

çıkması ise 1980’i bulmuştur (172). Bu sistemlerdeki eğelerin uçları sinüzoidal dalgalar oluşturur. Azami hareket eğenin en uç kısmında meydana gelir. Sonik sistemden farklı olarak yüksek frekanslı ancak düşük amplitüdü (genlikli) hareket meydana getirir. 25-30 kHz frekanstaki titreşim insan duyma kapasitesinin (0,2-20 kHz) ötesindedir.

Endodontide kalsifiye olmuş kanalların bulunup açılmasında, kanal içi kırık alet veya eski dolum gibi engellerin aşılmasında, apikal rezeksiyon işlemlerinde retrograd kavite preparasyonunda, kök kanal enstrümantasyonunda ve irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonunda kullanılmaktadır (173).

Ultrasoniklerin kanal genişletmesinde kullanılmasında şekillendirmenin kontrolünün zor olması, strip perforasyon veya kanal transportasyonu gibi sıkıntılar mevcuttur (174, 175). İrrigasyon aktivasyonunda da kullanılmaya başlandığında ise smear tabakası ve dentin debrisini uzaklaştırmakta etkili olduğu görülmüştür(158). İki çeşit ultrasonik irrigasyon yöntemi vardır:

- a. Ultrasonik enstrümantasyonla eşzamanlı kullanılan ultrasonik irrigasyon (UI)
- b. Enstrümantasyon sonrasında sadece solüsyon aktivasyonu için yapılan pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) (173).

Pasif ultrasonik irrigasyonun, enstrümantasyonla beraber kullanılabildiği göre smear tabakası kaldırmada daha etkili olduğu görülmüştür (176). Bu yöntemde kesici olmayan bir eğe veya düz bir tel ultrasonik cihaza takılıp titreşimi sağlar (158). Kullanılan ultrasonik ucun akustik etki sağlayabilmesi için kanal içinde pasif olması gerekmektedir. Ultrasonikler hem akustik etki hem kavitasyon meydana getirmektedir (177). Ultrasonik titreşimler kanal duvarındaki kesme gerilimini etkileyerek duvardaki biyofilm tabakasının yırtılmasına yardımcı olur (178). Duvarla daha az temas sağlaması için küçük boyutlu eğelerin yüksek güçteki ultrasoniklerle kullanımı önerilmiştir (158, 159). Çok dar veya kısa-kıvrımlı kanallarda ultrasonik uç serbest kalamayıp engellere takılacağından temizleme etkinliğine fazla katkı sağlayamayacaktır (159, 179). Ultrasonik aktivasyon etkinliğinin en uygun olabilmesi için genişletme işlemleri bitmiş ve geniş-düz kanallarda kullanılması önerilmiştir (180). Ultrasonik aktivasyonun düz köklü dişlerde tübüllerin içine penetre olan *Enterococcus faecalis*’e tek seansta, bir hafta bekletilen kalsiyum hidroksit

medikamentine eşdeğer bir dezenfeksiyon etkisi sağladığı görülmüştür (181). Pasif ultrasonik aktivasyonun yüzey dentininde olduğu kadar erişilmesi zor sığ veya derin girintili bölgelerde de bakteri eliminasyonunu arttırdığı gösterilmiştir (182).

Ultrasoniklerin kullanımı sırasında irrigasyon solüsyonunda ısı artışı meydana gelmektedir, bu da ısıyla etkinliği artan sodyum hipokloritle sinerjik bir etki yaratmaktadır (183, 184).

Ultrasonik aktivasyonla eşzamanlı olarak kanal içine sürekli solüsyon veren bir sistem geliştirilmiştir (185). Bu sistemde 25 gauge'luk bir enjektörün adapte edildiği ultrasonik bir shaft mevcuttur ve solüsyon kanala verilirken kanüle devamlı ultrasonik titreşim uygulanmış olur. Hem vital hem nekrotik dişlerde kanal ve istmus bölgelerinde etkin temizlik yaptığı belirtilmiştir (164, 186).

2.2.3.2.e.Ardışık düzenli basınç sistemleri

İrrigasyon etkinliğini arttırmak amacıyla kanal içinde düzenli basınç yaratan RinsEndo (Dürr Dental GmbH & Co, Bittigheim-Bissingen, Almanya) ve EndoVac (Discus Dental, Kaliforniya, ABD) sistemleri geliştirilmiştir.

RinsEndo dakikada 6.2 ml solüsyonu kanal içine vererek 1.6 Hz ile aktivasyon sağlayan bir sistem olup pulpa dokusunu temizlemede (187) ve *Enterococcus faecalis*'e karşı (188) pasif irrigasyondan daha etkili olduğu gösterilmiştir. Solüsyon verilmesiyle aynı anda kanal içindeki solüsyonun emilmesi esasına dayanan bir sistemdir. Solüsyonun bu şekildeki döngüsü dakikada yaklaşık 100 defa tekrarlanmaktadır. RinsEndo kullanıldığında irrigasyon solüsyonunun kök kanal dentinine penetrasyonunun şırınga irrigasyonuna kıyasla daha derin olduğu görülmüştür (144). Bir ex vivo çalışmada kanallara uygulanan bio-moleküler kollajen film tabakasının temizliğinde de statik irrigasyona göre RinsEndo'nun daha etkili olduğu ancak manuel dinamik irrigasyondan daha az temizlik sağladığı belirtilmiştir (149). Debris temizliği açısından statik irrigasyonla anlamlı fark bulunamamıştır (189).

EndoVac ise, apikal bölgede negatif basınç oluşturarak kanal içine devamlı gelen irrigasyon solüsyonunun apikalden aspirasyonu esasına dayanan bir sistemdir.

Antimikrobiyal etkinliği standart irrigasyona yaklaşık bir değerdedir (190). Çalışma boyundan 3 mm kısa mesafede anlamlı fark çıkmamasına rağmen 1 mm mesafede konvansiyonel irrigasyona göre daha etkili debrıs temizliği yaptığı görülmüştür (191, 192). Apikalden irrigasyon solüsyonlarının taşması riskinin de şınga irrigasyonuna göre EndoVac sisteminde daha az olduğu belirtilmiştir (193). Smear tabakası ve debrıs temizleme etkinliğinin manuel dinamik aktivasyona göre daha etkili olduğu gösterilmiştir (194). EndoVac sisteminin, ultrasonik irrigasyon ve konvansiyonel irrigasyona göre apikalden daha az debrıs çıkışına sebep olduğu görülmüştür (195).

2.2.3.2.f. Lazerle Aktivasyon

Temizleme etkinliğini arttırmak için lazerlerin endodontide kullanımı önerilmiştir (196-199). Lazer ışını, enerjinin şiddetli emilimiyle ışıksal bozunum yaratarak solüsyonda kısa süreli kavıtasyonlar oluşturur (200). Ek olarak termal etkiyle de su moleküllerinin genleşip büzülmesine yol açarak ilave kavıtasyonlar yaratır. Bu etkisiyle smear tabakasının temizlenmesine yardımcı olur ancak solüsyonun apekten taşması riskini de arttırabilir (201, 202). Bir çalışmada kök kanallarına açılan yapay oluklara yerleştirilen debrısın temizlenmesinde 20 saniyelik aktivasyonla alınan sonucun, pasif ultrasonik irrigasyon veya konvansiyonel irrigasyondan daha etkili olduğu belirtilmiştir (203).

Diş hekimliğinde CO₂, Er:YAG, Nd:YAG, Argon, Er,Cr:YSGG, Er:YAG lazer temelli fotonla indüklenen foto-akustik akım (PIPS), GaAlAs gibi lazer türleri denenmiştir. Irrigasyon aktivasyonu amacıyla kullanılan lazerler iki farklı şekilde uygulanmaktadır. Birinde kurutulmuş kanalda apikale kadar yerleştirilen fiber uç dairesel hareketlerle uygulanarak doğrusal ışınların dentin duvarına etki etmesi amaçlanır. Diğer yöntem ise irrigasyon solüsyonu kanaldayken kanal içinden veya kanal girişinden lazer uygulanarak sıvıda baloncuklar oluşturma ilkesine dayanır. Düz bir fiber uçla birlikte kullanılan Er:YAG lazerin apikal bölgedeki smear tabakasının kaldırılmasında etkili olduğu ve bu etkinin irrigasyon solüsyonu içinde kavıtasyonlar oluşturma etkisi sayesinde gerçekleştirdiği bilinmektedir (204).

Yüksek güçlü lazer ışınlarının foto-termal etkisinin bakteriler üzerindeki yıkıcı etkisi antimikrobiyal fayda sağlamaktadır. Ancak bu lazer aktivasyonunda radiküler dentin yüzeyindeki negatif etkiler, kavitasyonlar ve kraterleşme riskinin yanı sıra periodontal ligamentte termal hasar oluşması riski vardır (205, 206). Bu ihtimali azaltmak için düşük seviye lazerlerin kullanımıyla foto-kimyasal etki elde etmek, özellikle de tekli oksijen, serbest radikaller ve diğer reaktif oksijen türleri üretimi amaçlanmıştır (207). Bu yöntemde kullanılan fotosensitizan (ışığa duyarlı) moleküller uygun bir dalga boyundaki ışına maruz kaldıklarında yüksek enerji durumuna (triplet form) geçer ve enerjilerini bir oksijen molekülüne aktararak reaktif oksijen türlerinin oluşumuna neden olur. Bu yöntemin avantajı reaktif oksijen türleri ve tekli (singlet) oksijene karşı direnç gelişiminin çok nadir olmasıdır (208).

2.3. KANAL İÇİ MEDİKAMENTLER

Mikroorganizmalar apikal periodontitisin temel sebebidir (209-211) ve bu mikroorganizmaların kök kanalından elimine edilmesiyle apikal patolojinin iyileşmesi beklenir (7). Dolum aşamasına gelindiğinde negatif kültür elde edilen kanallarla ilişkili patolojilerin iyileşmesinin, hala mikroorganizma içermekte olan kanallara göre daha iyi sonuçlandığı bilinmektedir (212). Sadece mekanik temizliğin bakteri eliminasyonuna yetmemesinden (7, 213) dolayı, mikroorganizmaların öldürülmesi, artıklarının ve ürünlerinin temizlenmesi, debris ve smear tabakasının temizlenebilmesi için bir dezenfeksiyon ve yıkama işlemi gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan kimyasallar:

- a) İrrigasyon solüsyonları
- b) Seans arası kanal içi medikamentler olarak ikiye ayrılabilir.

İki seans arasında kanala yerleştirilerek içerde kalan mikroorganizmaları elimine etmesi ve tekrardan enfeksiyonun önlenmesi amacıyla kullanılan antimikrobiyal ajanlara medikament adı verilir (214). Kanal içi düzensiz alanlardaki mikroorganizmaların sadece mekanik preparasyon ve irrigasyonla elimine edilmediği bilindiğinden kanal içi medikamentlerin kullanımı önerilmiştir (16). Medikamentler aynı zamanda ağrı ve enflamasyonu azaltmak, apikal eksudayı azaltmak ve enflamatuvar kök rezorpsiyonunu durdurmak/önlemek için de kanal içine yerleştirilir. Medikamentin kullanılmadığı çok seanslı tedavilerde seans arası süreçte kanal içindeki mikroorganizmaların sayıca arttığı gösterilmiştir (7). Çok seanslı tedavilerde geçici restorasyonun sızdırma ihtimaline karşı bir önlem olarak da medikamentler tercih edilir (215).

Kanal içi medikamentlerden beklenen antibakteriyel yararın, sitotoksik etkilerinden yüksek olması gerekir (216). Eskiden çokça kullanılan formaldehit ve fenol temelli medikamentlerin, dokuya diffüzyon gücü yüksek buhar oluşturma potansiyeli bilinmektedir (217). Bu medikamentler vücudun geniş alanlarına yayılabilme kabiliyetindedir (218-220). Formaldehit temelli kanal içi medikamentlerin

mutajenik ve karsinojenik etkileri de artık bilindiğinden, kök kanal tedavisinde kullanımlarına devam edilmesini haklı gösterecek bir gerekçe bulunmamaktadır (221, 222).

Kanal içi medikamentlerin etki süresinin iki seans arasını kapsamaması istenmesine rağmen, fenol bazlı medikamentler kanala uygulandıktan kısa bir süre sonra etkilerini yitirmektedir (223, 224). Bunun üstesinden gelmek için kontrollü salınım yapan, kuarternler amonyum bileşikleriyle beraber kullanılan medikamentler düşünülmüştür ancak istatistiksel olarak anlamlı bir etki sağlayamamıştır (225-227).

Kalsiyum hidroksit en çok kullanılan kanal içi medikamentlerden biridir (228). Antibakteriyel etkinliği, E. Faecalis dışındaki mikroorganizmalarda kafurlu paramonoklorofenol ve kafurlu fenolden daha üstündür (229, 230). Bunlardan başka periapikal dokularda antienflamatuvar etki yaratması için kortikosteroid ve antibakteriyel etki için antibiyotik içeren Ledermix patı (231, 232), üç antibiyotiğin (Metronidazol, Siprofloksasin, Minosiklin) karışımı ile elde edilen üçlü antibiyotik patı (233, 234), povidon iyodin gibi iyodoforlar (235), sonradan toksik özellikleri gösterilen formokrezol gibi fenollü bileşikler (102, 236, 237) de kanal içi medikament olarak önerilmiştir.

Hiçbir kanal içi medikament kanal sistemini tam olarak sterilize edemez, bu nedenle uygun bir şekillendirme ve etkin bir temizliğin yerini tutamayacaktır (238).

2.3.1. Kalsiyum Hidroksitin Özellikleri

1920 yılında pulpa kuafajı materyali (239) olarak tanıtılan kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) suda çözünürlüğü az, pH değeri yaklaşık 12,5-12,8 , beyaz, kokusuz, toz halinde bir bileşiktir (10). Antimikrobiyal aktivitesi (229) ve doku çözücü etkinliği (240, 241) olduğu, diş dokusunda rezorpsiyonu inhibe ettiği (242) ve sert doku formasyonu ile tamiri indüklediği (243) bilinmektedir. Alkolde çözünmeyen kalsiyum hidroksit suyla beraber tiksotropik özellik gösterir ve karıştırıldığında akışkandır (244).

Ortama kalsiyum (Ca^{2+}) ve hidroksil (OH^-) iyonları salan kalsiyum hidroksitin ortamdaki bakterilerin hücre duvarını parçalayıp protein yapılarını bozarak etki ettiği gösterilmiştir (245, 246). Kalsiyum hidroksit aynı zamanda gram-negatif bakterilerin hücre duvarındaki liposakkaritlerin (LPS) lipid kısımlarını hidrolize eder (246, 247). Böylece LPS'lerin TNF- α üretimini stimüle etmesine engel olduğu, dolayısıyla lokal enflamatuvar cevabı azalttığı belirtilmiştir (248). Organik dokuda karbondioksit (CO_2) veya karbonat iyonları (CO_3^-) ile karşılaştığında tüm kalsiyum (Ca^{2+}) iyonları harcanıncaya kadar kalsiyum karbonat (CaCO_3) formasyonu meydana gelir. 30 gün boyunca karbondioksite maruz bırakılan kalsiyum hidroksitte bile hala bakterisidal özellik gösteren pH değerleri görülmüştür (249).

Yavaş salınım yapan kalsiyum hidroksitin kanalda antibakteriyel amaçla ne kadar süre bırakılması gerektiği ile ilgili çeşitli görüşler mevcuttur. En az 24 saat (250), 12-72 saat (251, 252), 7 gün (228), 10 gün (109), 1-3 ay (228, 229, 253) bekletilebileceği üzerine çalışmalar yapılmıştır. 24 saat bekletildiği bir çalışmada ortamdaki *Enterococcus faecalis*'i yok edemediği (254) hatta uzun sürelerle kalsiyum hidroksit bekletilmesine rağmen *E. faecalis*'in dentin tübüllerinde hayatta kalabildiği gözlenmiştir (108, 255). Kalsiyum hidroksite en hassas mikroorganizmaların temastan sonraki ilk 3 saniye ile 10 dakika arasında öldüğü, durağan fazdaki mikroorganizmaların daha dayanıklı olduğu ve yaşayan bakterilerin 10 dakikada iyileştiği, starvasyon fazındakilerinse en dayanıklı olduğu ve 10 dakikanın bunlar için yeterli olmadığı belirtilmiştir (97).

Kalsiyum hidroksit, hidroksil iyonu (OH^-) salarak etkinlik gösterebilmesi için ve toz yapıdaki materyalin kanal içinde manipülasyonu çok zor olduğundan genelde sıvı bir taşıyıcıyla beraber uygulanır.

Bu amaçla kullanılan taşıyıcılar:

- a) Suda çözünebilen maddeler (serum, distile su, anesteziik solüsyonlar, metilselüloz, karboksimetilselüloz, Ringers solüsyonu)
- b) Visköz taşıyıcılar [gliserin, propilen glikol, polietilen glikol (PEG)]
- c) Yağ bazlı maddeler (zeytinyağı, silikon yağı, kamfor; oleik, linoleik ve izostearik asit gibi yağ asitleri, öjenol, metakrezil asetat) (256).

Bunlardan visköz ve yağ bazlı taşıyıcılar kalsiyumun etkinlik süresini arttırmasına rağmen kanaldan uzaklaştırılmaları su bazlılara göre daha zordur (256, 257). Su temelli taşıyıcılar iyon salınımının hızla başlamasını sağlarlar ve klinikte en çok kullanılan taşıyıcılar steril su ve salin'dir. Polietilen glikol konsantre formlarında kendisi de antibakteriyel özellik gösteren ve sık tercih edilen bir taşıyıcıdır (258, 259).

2.3.2. Kalsiyum Hidroksitin Kanaldan Uzaklaştırılması

Medikament olarak kanala yerleştirilen kalsiyum hidroksitin dolum öncesi kanaldan temizlenmesi gerekmektedir. Geride kalan kalsiyum hidroksitin, kanal patının tübüllere adaptasyonunu olumsuz etkilediği (12), rezin kökenli patların dentine bağlanmasını azalttığı (13), boyutsal olarak stabil olmadığından ve iyonlara ayrıştığından uzun dönemde mikrosızıntıyı arttırabileceği (260), çinko oksit öjenol esaslı patlarla etkileşime girerek onları daha kırılğan ve granüler hale getirdiği (261) bilinmektedir.

Kanalda kalan kalsiyum hidroksit, dolum sırasında patla karışıp, homojenize olmayan ve daha kalın bir kanal patı tabakası meydana getirecektir (262). Pat kalınlığının kanal dolum başarısını etkilediği belirtilmiştir (263). Aynı zamanda kanal patıyla kalsiyum hidroksitin reaksiyona girebileceği, patın çalışma ve donma süresinin değişebileceği düşünülmüştür (261, 262). Bu süreci kısaltması sonucunda çinko oksit öjenol bazlı kanal patlarında çatlaklar oluştuğu gözlemlenmiştir (13).

EDTA, kalsiyum hidroksit kalıntılarını nötralize etme kabiliyetinde olup bu sayede medikamentin ilerde patla olası bir reaksiyonunun önlenebileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda EDTA şelasyon yaparak kalsiyum hidroksitin irrigasyonla kanaldan çıkmasını kolaylaştırır (261).

Kalsiyum hidroksitin kanaldan uzaklaştırılması, toz/taşıyıcı oranından değil, taşıyıcının cinsinden etkilenmektedir (264, 265). Özellikle yağ bazlı taşıyıcıların, su bazlı taşıyıcılara göre temizlenmesi zordur (265). Klorheksidinin taşıyıcı olarak kullanıldığı durumlarda, jel formun likit formuna göre temizliğinin zor olduğu belirtilmiştir (266). Salin, sodyum hipoklorit, EDTA gibi irrigantlarla egelemeyi

kombine ederek kalsiyum hidroksiti uzaklaştırmayı deneyen bir çalışmada tüm bunlara rağmen kanal duvarının %45'inin kalsiyum hidroksitle kaplı kaldığını belirtmiştir (264). Kanaldan tamamen uzaklaştırılmasa bile, el eğesi ile eğelemenin irrigasyon etkinliğini arttırarak kalsiyum hidroksit uzaklaştırmaya katkıda bulunduğu gösterilmiştir (261). Patency eğelemenin apikal 1/3'lk alandan medikament uzaklaştırmaya yardımcı olduğu da belirtilmiştir (266).

Kalsiyum hidroksit kanal duvarından eğelemeye çıkarılsa bile, kanal içi düzensizliklerden ve girintilerden temizlenememektedir. Bu alanlara ancak irrigasyonla ulaşılabilecektir (267).

İrrigantlarla tamamen elimine edilemediği anlaşılan kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılması için ultrasonik cihazlar önerilmiştir. Sodyum hipoklorit ve EDTA irrigasyonunun, el eğemesi, döner aletler ve ultrasonikle kombinasyonlarının incelendiği bir çalışmada hiçbir tekniğin kalsiyum hidroksiti tamamen uzaklaştıramadığı görülmekle birlikte; döner eğe sistemleri ve ultrasoniklerin diğer yöntemlere nazaran daha çok kalsiyum hidroksit uzaklaştırdığı belirtilmiştir (268).

Özetle, rutin tekniklerle yani sadece şırınga irrigasyonu ile kalsiyum hidroksitin kanaldan tamamen uzaklaştırılmadığı, irrigasyon etkinliğinin eğelemeye nispeten biraz arttırılabildiği, pasif irrigasyona göre ultrasoniklerin daha etkili oldukları belirtilmiştir (269).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Örneklerin Seçimi Ve Hazırlanması

Çalışma, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından (Karar No: 61 Tarih: 22.03.2017) uygun bulunmuştur. Çalışmanın aşamaları İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı Kliniği'nde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada periodontal olarak çekim endikasyonu koyulmuş 110 adet üst orta keser diş kullanıldı. Çekimden hemen sonra distile suda toplanan dişler arasından çürüksüz, apeksleri kapalı dişler seçildi. Kırık, çatlak, internal/eksternal rezorpsiyon, restorasyon, çürük, dilaserasyon, önceden yapılmış kanal tedavisi, kalsifikasyon bulunan dişler çalışmaya dahil edilmedi.

Çalışmaya dahil edilen dişler üzerindeki sert ve yumuşak eklemler uzaklaştırıldı. Dişler kanal boylarını standardize etmek amacıyla kök ucundan 15 mm ölçülerek su soğutması altında dekoronize edildi (Resim 1). Çalışma boyları, 10 numara K tipi eğenin (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) apekten görünür hale geldiği uzunluktan 1 mm kısa olarak ayarlandı. 10 numara eğe ile patensinin sağlanamadığı dişler ile, apikal çapı 20 numaralı kanal eğesinden geniş olan dişler çalışma dışı bırakıldı. 15 numaralı eğe ile glide path sağlandı.

Örnekler ProTaper Universal döner alet sistemi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile genişletildi. Eğeler Dentsply X-Smart Plus endodontik motora (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) takılarak ProTaper Universal sistem ayarında (dakikada 250 devir, 3 Ncm tork) kullanıldı. Sırasıyla Sx, S1, S2, F1, F2, F3, F4 (apikal çapı 40; 0,06 açılı) eğeleri firmanın kullanma talimatlarına uygun olarak kullanıldı. S1 ve S2 eğeleri çalışma boyuna ulaşıncaya kadar fırçalama hareketi ile kullanılıp kanaldan her çıkarılıştta eğe üzerindeki debris temizlendi. Bitirme eğeleri (F1, F2, F3, F4) fırçalama hareketi yapmadan ileri geri hareketle kullanıldı. Her eğe arasında apikal patensi 10 ve 15 nolu eğelerle kontrol edilerek 2 ml %2,5 NaOCl (Werax, İzmir, Türkiye) ile irrigasyon yapıldı.

Genişletme sonrası, dişlerin bukkal ve lingual yzeylerine elmas separe ile su soğutması altında uzun eksene paralel oluklar ağıldı (Resim 2). Oluk ağarken kanal sisteminin zarar górdüđu örnekler çalışma dışı bırakıldı. Elde edilen oluklara yerleştirilen bir 15 nolu bisturi ucuna eki ile vurularak tek hamlede dişlerin ikiye ayrılması sağlandı (Resim 3). İkiiden fazla parçaya ayrılan veya kırık hattı döz olmayan örnekler çalışma dışı bırakıldı (Resim 4).



Resim 1: Dişlerin kök boylarının ayarlanıp dekoronize edilmesi



Resim 2: Dişlerin bukkal ve lingual yzeylerine oluk açılması



Resim 3: Dişlerin ikiye ayrılması



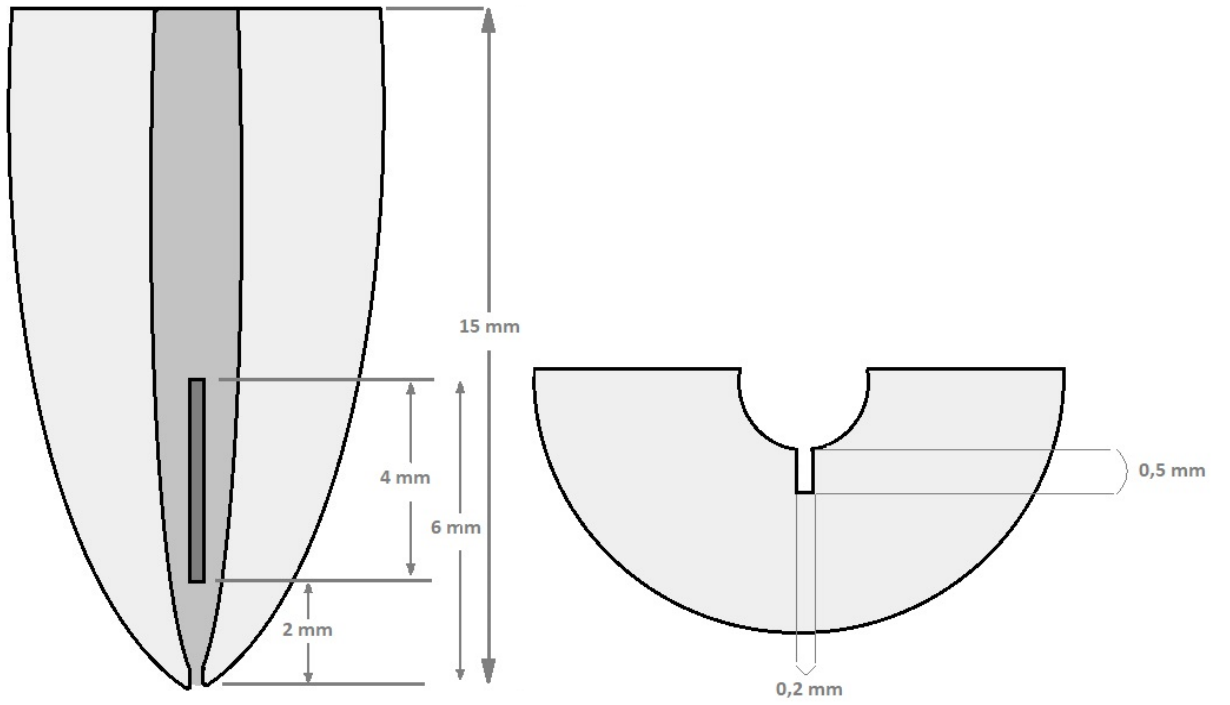
Resim 4: Kullanılmayacak şekilde parçalanan örneklerin çalışma dışı bırakılması

Ultrasonik bir uç, bir kenarı 0,2 mm olacak şekilde modifiye edilip kumpasla kontrol edildi. Dişlerin birer yarımına ultrasonik cihaza (Anthos u-PZ6, Imola, İtalya) takılan modifiye edilmiş uç (Resim 5) yardımıyla kök içi düzensizlikleri taklit etmesi amaçlanan oluklar hazırlandı (Şekil 1). Kök ucundan 2-6 mm mesafe arasında,

eni 0.2 mm ve derinliği 0.5 mm olan 4 mm uzunluğunda hazırlanan oluklar, önceden ucu 4 mm'den bükülmüş 15 numaralı bir el spreader'ın yerleşip yerleşemediğine bakılarak kontrol edildi (Resim 6-8).



Resim 5: Modifiye ultrasonik ucun kumpasla kontrol edilmesi



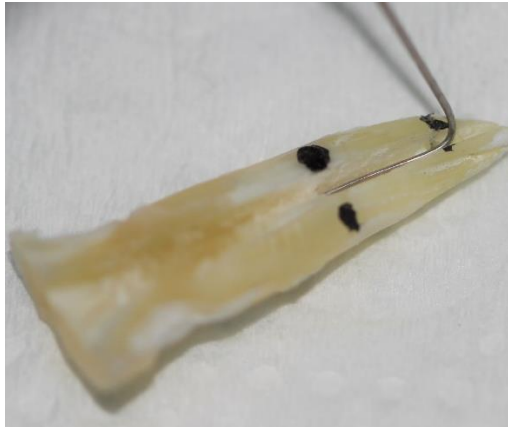
Şekil 1: Hazırlanan oluğun dişteki konumu ve enine kesiti



Resim 6: #15 el spreader'ın ucunun 4 mm'den kıvrılması



Resim 7: Oluşturulan yapay oluğun konumu



Resim 8: Olukların, el spreaderı ile kontrol edilmesi

Örnekler işlem gördükleri süre haricinde dehidrasyonu önlemek amacıyla distile su dolu eppendorf tüplerinde bekletildi. Olukları hazırlanan örnekler rastgele ikiye bölündü.

3.2.Oluklara kalsiyum hidroksit yerleştirilmesi

55 örneğe kanal içi düzensizliklere yerleştirilen medikamenti temsil edecek şekilde kalsiyum hidroksit uygulanması amaçlandı. Bunun için öncelikle bütün örneklerin stereomikroskop (Zeiss AxioCam Erc5s kamera, Zeiss Stemi 2000-c stereomikroskop ve Zeiss AxioVision yazılımı, Goettingen, Almanya) görüntüleri alındı. Görüntüler x20 büyütmede ve 0,5 ışık ayarında kaydedildi (Resim 9).



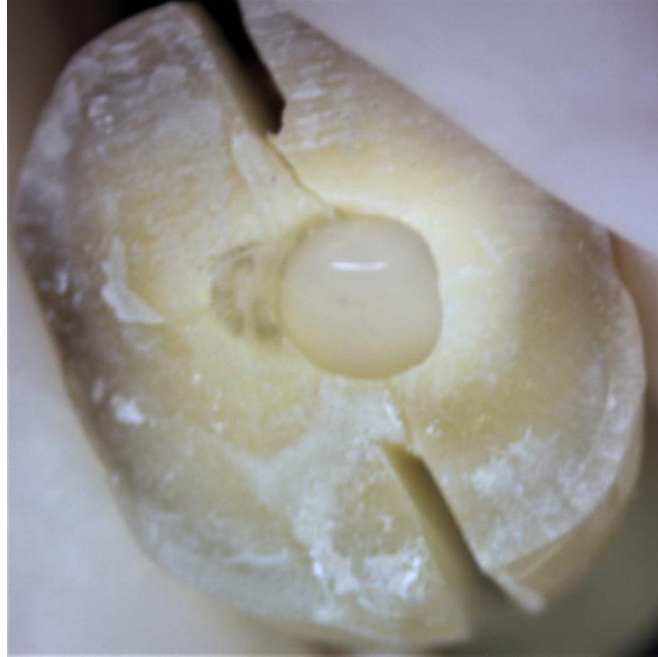
Resim 9: Olukların stereomikroskop görüntülerinin alınması

Kanal içi medikament olarak kalsiyum hidroksit (Kalsin, Spot Diş Deposu A.Ş. İzmir, Türkiye) toz ve likidi 1:1 oranında, her 10 örnek için taze hazırlanarak karıştırıldı. Oluklara girdiğinden emin olmak için önceden bükülmüş olan 15 nolu el spreader'ı kalsiyum hidroksit yerleştirilen oluk içinde gezdirildi. Kanal boyunca kalsiyum hidroksit uygulanan örneklerin hepsinin dolu hallerinin de stereomikroskop görüntüleri alındı (Resim 10).



Resim 10: Örneklere kalsiyum hidroksit uygulanması

Örneklerin oluk hazırlanmayan yarımına da kanal boyunca kalsiyum hidroksit uygulanarak iki yarım diş birleştirildi (Resim 11, 12). İki yarımı bir arada tutmak için 1/8"lik 3 mm ortodontik lastik (GC Orthodontics, Almanya) geçirildi ve kenarlardan taşan medikament pamukla silindi (Resim 13).



Resim 11: Birleştirilen diş yarımaları ile medikamentin okluzalden görünümü



Resim 12: Birleştirilen diş yarımının yandan görünümü



Resim 13: Birleştirilen yarımın ayrılmaması için geçirilen ortodontik lastik

Kapalı sistem irrigasyon uygulanacağından, sıvı sızıntısını engellemek için örneklerin ayrılma çizgileri modelaj mumu ile örtüldü (Resim 14).



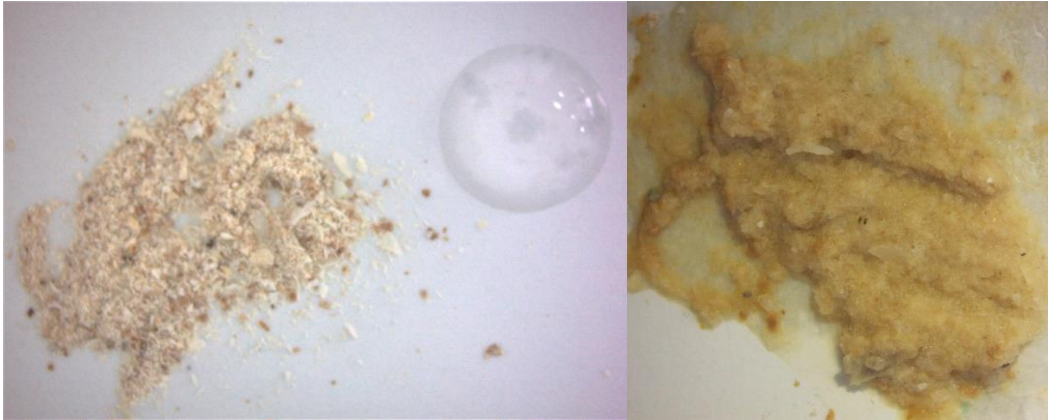
Resim 14: Örneklerdeki açıklığın mumla örtülmesi

Örneklerin kanal girişine pamuk pelet yerleştirilerek üstü çinko oksit öjenol siman (Cavex Holland BV, Haarlem, Hollanda) ile hermetik olarak örtüldü. Hazırlanan örnekler tekrar içi distile su dolu olan eppendorf tüplerine alınarak bekletildi.

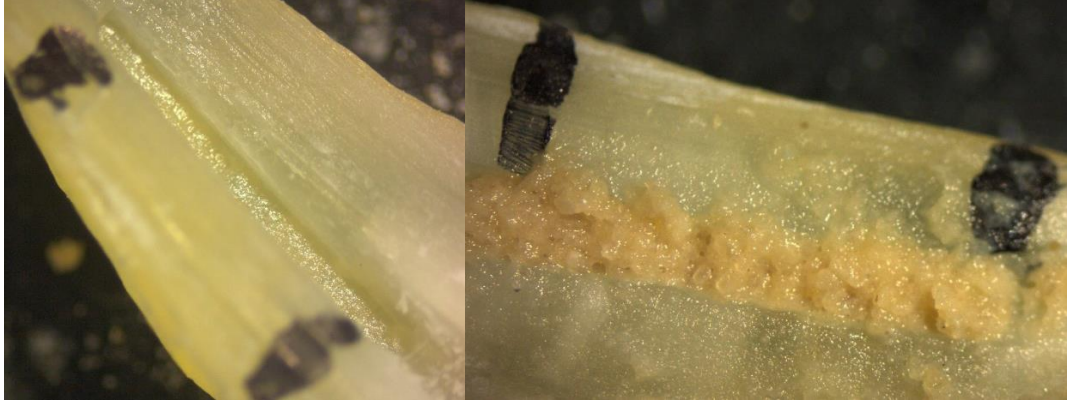
3.3.Oluklara debris yerleştirilmesi

Diğer 55 örnekteki oluklara, kanalın mekanik preparasyonu sırasında oluşup kanal içi düzensizliklere yerleşen dentin debrisini temsil etmesi için debris yerleştirildi. Bu amaçla daha önceden ikiye bölünmüş ancak çalışma dışı bırakılmış olan dişlerden çelik rond frez/hard frez yardımıyla dentin talaşı elde edildi. Elde edilen talaş, ıslak kum kıvamına gelinceye kadar %2'lik NaOCl ile karıştırıldı (17). Karışım her 5 diş için taze olarak hazırlandı (Resim 15).

Her örneğin x20 büyütmeyle stereomikroskop görüntüsü alındı. Ardından bir ağız spatülü yardımıyla oluklara debris yerleştirildi. Debrise basınç uygulamamaya ve debrisini oluğa sıkıştırmamaya dikkat edilerek, kenarlara taşan fazlalıklar bir pamuk uçlu aplikatör (Kerr, Almanya) yardımıyla temizlendi. Debris yerleştirilen örneklerden tekrar stereomikroskop görüntüleri alınıp kaydedildi (Resim 16).



Resim 15: Dentin talaşı ve NaOCl, karışmadan önce ve sonra



Resim 16: Debris yerleştirmeden önce ve sonra stereomikroskop görüntüleri

Debris yerleştirilen örnekler, oluk açılmayan yarımllarıyla tekrar birleştirilerek, kalsiyum hidroksit grubuyla aynı metot kullanılarak ortodontik lastikle sabitlendi. Ardından açıklıkları modelaj mumu ile kapatılarak, kanal girişleri pamuk ve çinko oksit öjenol simanla kapatıldı. Örnekler işlem görmedikleri zaman içi distile su dolu eppendorflarda bekletildi (Resim 17).



Resim 17: Distile su dolu eppendorf tüpünde bekletilen örnek

3.4.Grupların belirlenmesi

Tüm örneklerin içlerinde buldukları eppendorf tüplerine sabit kalemle numaralandırma yapıldı. 55 örnek bulunan kalsiyum hidroksit grubu ve yine 55 örnek bulunan debris grubu kendi içlerinde 4'er gruba bölüneceklerinden, www.random.org kullanılarak örneklerin rastgele dağılımı sağlandı. N=15 olacak şekilde 6 deney grubu ile N=10 örneklilik 2 kontrol grubu belirlendi (Tablo 1).

	Endoactivator	Eddy (VDW)	SonicLine (Komet)	Kontrol Grubu
Debris uzaklaştırma	Grup DA (N=15)	Grup DE (N=15)	Grup DS (N=15)	Grup DK (N=10)
Kalsiyum Hidroksit uzaklaştırma	Grup KA (N=15)	Grup KE (N=15)	Grup KS (N=15)	Grup KK (N=10)

Tablo 1: Grupların dağılımı

Örnekler numaralandırılmış eppendorf tüplerine silikon ölçü maddesi (Speedex putty ve Speedex light body, Coltene, Alstatten, İsviçre) ile sabitlendi. İrrigasyon yapılmaya kadar bekleme sürecinde örneklerin kurumaması için tüpler distile su içine alındı (Resim 18).



Resim 18: Eppendorf tüplerinin distile su içinde bekletilmesi

3.5.İrrigasyon prosedürü

Örneklerin final irrigasyonunda 5 ml'lik kilitli enjektörler (Coltene CanalPro irrigasyon şırıngası, Langenau, Almanya) ve kapalı uçlu yandan perfore 30 gauge irrigasyon kanülleri (CK Endo, Kore) kullanıldı (Resim 19). Solüsyon olarak 6 ml %2,5 NaOCl (Werax, İzmir, Türkiye) ve 1 ml %17 EDTA (HP, Imicryl Diş Malz. Konya, Türkiye) kullanıldı (270). Aktivasyon yapılan gruplarda örnek başına total

aktivasyon süresi 1 dakika olarak belirlendi (270). Aktivasyon uçları çalışma boyundan 2 mm kısa olarak kullanıldı (163, 270). Solüsyon verilirken kanül ve sonik aktivasyon sırasında aktivatör uçlar 1-2 mm koronal-apikal yönde devamlı hareket ettirilerek kullanıldı.



Resim 19: irrigasyon prosedüründe kullanılan kilitli enjektör ve irrigasyon iğnesi

Sonik aktivasyon yapılacak olan gruplarda örneklerin geçici restorasyonları ve pamuk pelet uzaklaştırıldıktan sonra final irrigasyonları uygulandı. 3 ml NaOCl solüsyonu 30 s uygulandıktan sonra 30 s sonik aktivasyon uygulanmasının ardından 1 ml EDTA ile 30 s boyunca irrigasyon ve 30 s sonik aktivasyon yapıldı. Tekrar 3 ml NaOCl 30 s uygulanıp 1 ml distile su ile durulanarak bitirildi.

Aktivasyon uygulanmayacak olan kontrol grubunda ise örnekler 3 ml NaOCl ile 60 s, 1 ml EDTA ile 60 s, 3 ml NaOCl ile 30 s ve 1 ml distile su ile irrigasyona tabi tutuldu (270). (Tablo 2)

Sonik aktivasyon grupları		Kontrol grupları	
3 ml NaOCl	30 s	3 ml NaOCl	60 s
Aktivasyon	30 s		
1 ml EDTA	30 s	1 ml EDTA	60 s
Aktivasyon	30 s		
3 ml NaOCl	30 s	3 ml NaOCl	30 s
1 ml distile su	15 s	1 ml distile su	15 s

Tablo 2: Grupların irrigasyon şeması

3.5.1. Endoactivator (Gruplar DA ve KA)

Endoactivator grupları DA ve KA'daki örneklerde irrigasyon daha önce belirtilen şekilde yapıldı. 1 dakikalık total aktivasyon süresinde Endoactivator cihazı 10.000 cpm hıza ayarlandı. 25 / .04'lük uç ile çalışıldı. Aktivasyon boyunun anlaşılması için bir K tipi eğeden çıkarılan lastik rondel Endoactivator ucuna çalışma boyundan 2 mm kısa olarak takıldı (Resim 20).



Resim 20: Endoactivator ile irrigasyon aktivasyonu

3.5.2. Eddy (gruplar DE ve KE)

Eddy grupları DE ve KE de daha önce belirtilen aktivasyon prosedürü ile final irrigasyonuna tabi tutuldu. Sistemin poliamid yapıdaki uçları (Resim 21) sonik cihaza sabitlenerek (Sonix airscaler, Dentamerica Inc, California, ABD) kullanıldı (Resim 22). Kullanılması için firma kanalın en az #25 0.06 taper'a kadar genişletilmiş olmasını önermektedir, çalışmamızdaki genişletme bundan fazla olduğu için firma önerisine uygundur.

Ara aşamalardaki aktivasyonlar için 10 saniye önerilse de, firma final irrigasyonda etkin temizlik için en az 20-30 s aktivasyon önermiştir. Çalışmamızda NaOCl ile 30 s ve EDTA ile 30 s aktivasyon yapılarak bu öneriye uyuldu.

Piyasada steril tek kullanımlık olarak tekli paketlenmiş halde bulunan Eddy uçlar çalışmada her on diş için yeni paket açılarak kullanıldı. Her aktivasyon arasında uç doğrultusunda bozulma veya apikalinde deformasyon ihtimali kontrol edildi.



Resim 21: Eddy aktivasyon sisteminin poliamid uç tasarımı

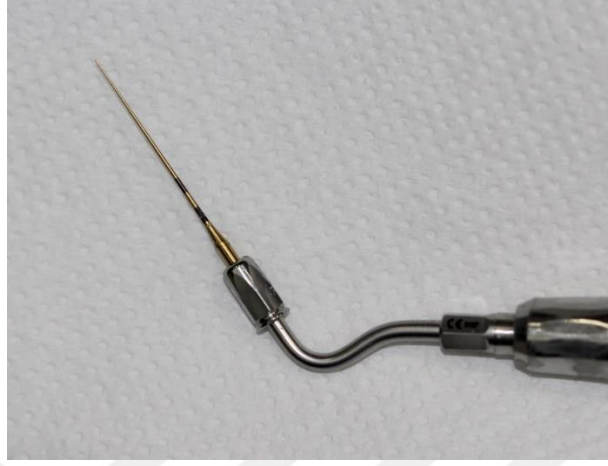


Resim 22: Eddy sistemi ile aktivasyon için ucun kanala yerleştirilmesi

3.5.3. SonicLine (gruplar DS ve KS)

3 parçadan (sonik uç, uç tutucu, sıkıştırma klemp) oluşan SonicLine aktivasyon uçları sonik cihazla (Sonix airscaler, Dentamerica Inc, California, ABD) kullanıldı. Bunun için uç tutucu parça sonik cihaza takıldıktan sonra klemp ve sonik aktivasyon

ucu uç tutucuya sabitlenerek sıkıştırıldı (Resim 23). Duvarları zedelememesi için uç aktivasyon boyunca kanala yerleştirildikten sonra cihazın çalıştırılması önerilmiştir, çalışmamızda bu talimata uygun aktivasyon uygulandı (Resim 24).



Resim 23: 3 parçası birleştirilip cihaza sabitlenen SonicLine sistemi



Resim 24: SonicLine ile irrigasyon aktivasyonu için ucun kanala yerleştirilmesi

3.5.4. Kontrol (gruplar DK ve KK)

Kontrol grupları DK ve KK'daki örnekler daha önce belirtildiği gibi 3 ml NaOCl ile 60 s, 1 ml EDTA ile 60 s, 3 ml NaOCl ile 30 s ve 1 ml distile su ile final irrigasyonuna tabi tutuldu (Resim 25).



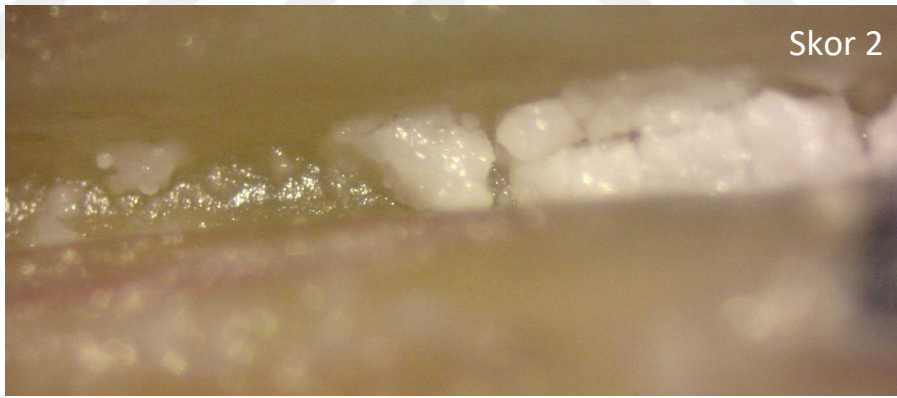
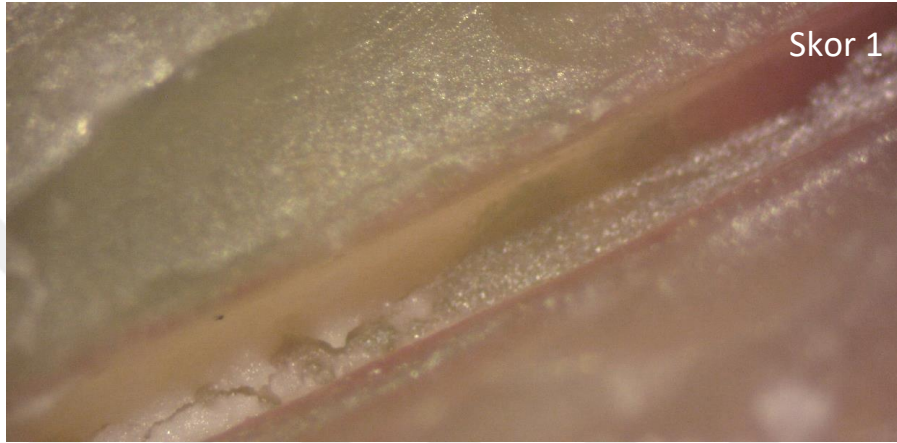
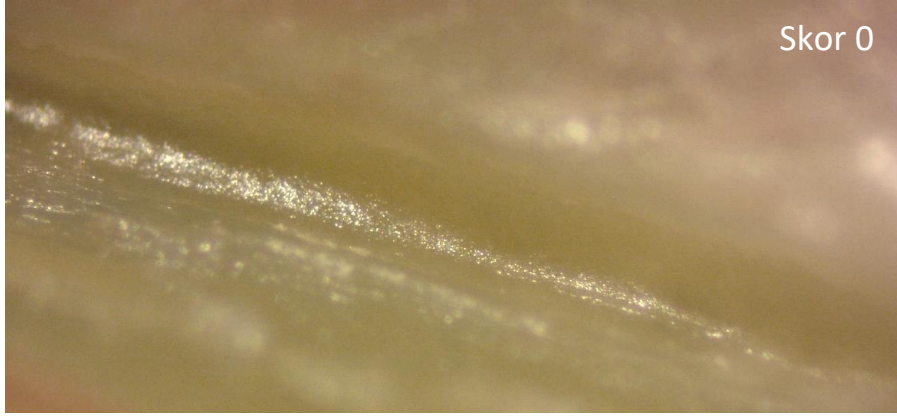
Resim 25: Kilitli enjektör ve yandan perforasyon kanülü ile irrigasyon

3.6.Skorlama

Örnekler eppendorf tüplerinden çıkarılıp birleştirilmiş olan iki yarım birbirinden ayrılarak tekrar stereomikroskopla (Zeiss AxioCam Erc5s kamera, Zeiss Stemi 2000-c mikroskop) x40 büyütme ile incelendi. Görüntüler kaydedilip aynı araştırmacı tarafından birer hafta arayla 3 defa skorlama yapıldı (140, 161, 180, 271) (Tablo 3) (Resim 26).

Skor	Debris veya Kalsiyum Hidroksit kalıntısı
0	Oluğta hiç kalıntı yok
1	Oluğun yarısından azında kalıntı mevcut
2	Oluğun yarısından fazlasında kalıntı mevcut
3	Oluğ tamamen kalıntıyla dolu

Tablo 3: Görsellerin skorlama tablosu



Resim 26: Skorlama örnekleri

4. İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME

Çalışmadaki iki ana bölümde (debris ve kalsiyum hidroksit) 4'er grup kendi aralarında değerlendirildi. Öncelikle birer hafta arayla yapılan değerlendirmelerde elde edilen 3 skor sınıfı korelasyon katsayısı (intraclass correlation coefficient-ICC) ile değerlendirilerek kendi içlerinde tutarlı bulundu ve skorların ortalaması alındı. (Tablo 4)

Intraclass Correlation Coefficient-Sınıfı Korelasyon Katsayısı

Average Measures	Intraclass Correlation	F Test with True Value
		Sig
KA	,974	,000
KS	,895	,000
KE	,971	,000
KK	,980	,000
DA	,903	,000
DS	,948	,000
DE	,947	,000
DK	,980	,000

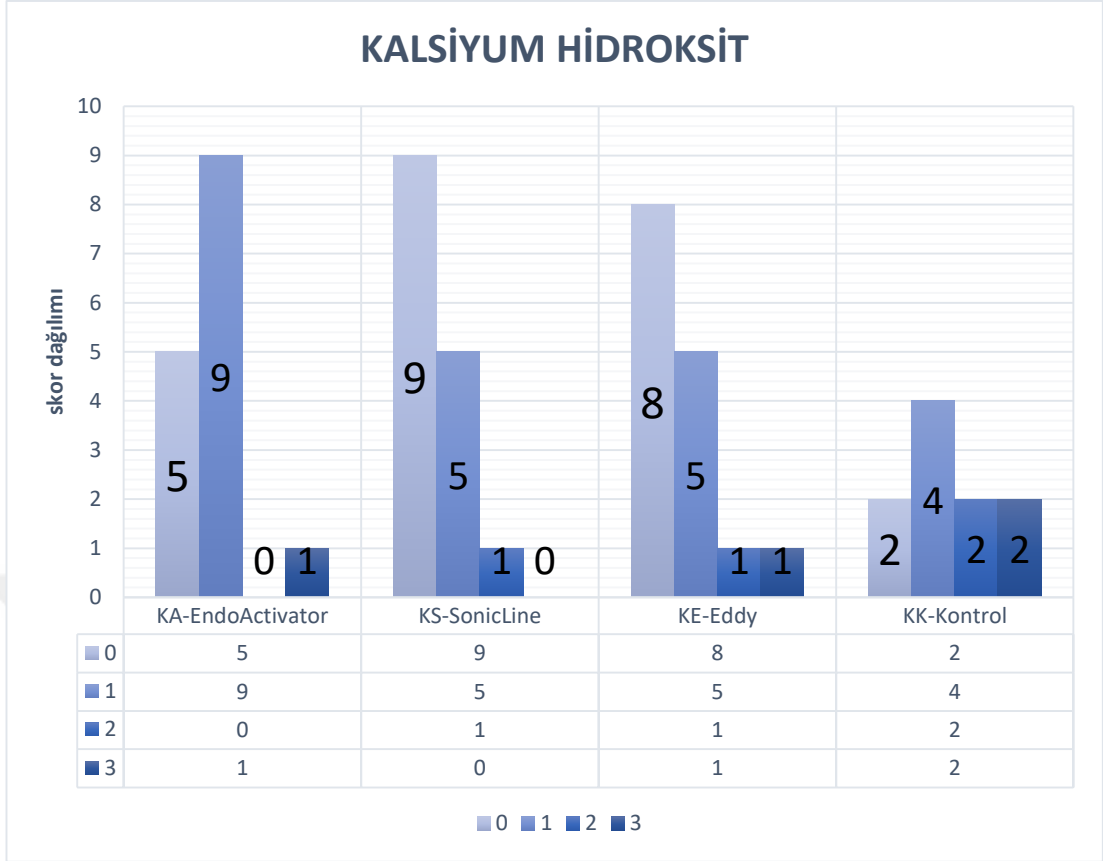
Tablo 4: Sınıf içi korelasyon katsayısı

Elde edilen skorlar kullanılarak, gruplar arası karşılaştırmalar Kruskal-Wallis testi ile yapıldı. Çoklu karşılaştırma testi olarak Dunn-Bonferroni uygulandı. Sonuçlar anlamlılık değeri $p < 0.05$ 'e göre değerlendirildi. İstatistik değerlendirmelerde SPSS (SPSS Inc, Chigaco, IL, ABD) programı kullanıldı.

5. BULGULAR

5.1.Kalsiyum Hidroksit Grupları

Çalışmanın ilk kısmı olan kalsiyum hidroksit temizleme etkinliği değerlendirmesinin skor dağılımı Tablo 5'teki gibidir.



Tablo 5: Kalsiyum hidroksit temizleme etkinliklerinin değerlendirildiği 4 grupta elde edilen skorların dağılım tablosu

Sonik aktivasyon sistemleri (gruplar KA, KS, KE), kök kanal duvarında oluşturulan yapay oluklardan kalsiyum hidroksit temizleme etkinliği açısından değerlendirildiklerinde konvansiyonel şırıngayla irrigasyona (grup KK) göre daha fazla oranda 0 ve 1 skorları göstermesine karşın aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı (Tablo 6, 7).

Kruskal-Wallis testi sonucunda elde edilen $p=0.086$ değerinin hipotez için belirlenen anlamlılık düzeyi 0.05'ten büyük olduğu görüldü.

Hipotez 0: Test edilecek sonik aktivasyon sistemleri ile kontrol grubu arasında kalsiyum hidroksit temizleme etkinliğinde fark yoktur.

Hipotez 1: Gruplardan en az biri kalsiyum hidroksit temizleme etkinliği açısından farklıdır.

Gruplar	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	95% Güven Aralığı		En Düşük	En Yüksek
					Alt sınır	Üst sınır		
KA	15	,80	,775	,200	,37	1,23	0	3
KS	15	,47	,640	,165	,11	,82	0	2
KE	15	,67	,900	,232	,17	1,16	0	3
KK	10	1,40	1,075	,340	,63	2,17	0	3
Total	55	,78	,875	,118	,55	1,02	0	3

Tablo 6: Kalsiyum hidroksit değerlendirme gruplarının tanımlayıcı istatistik tablosu

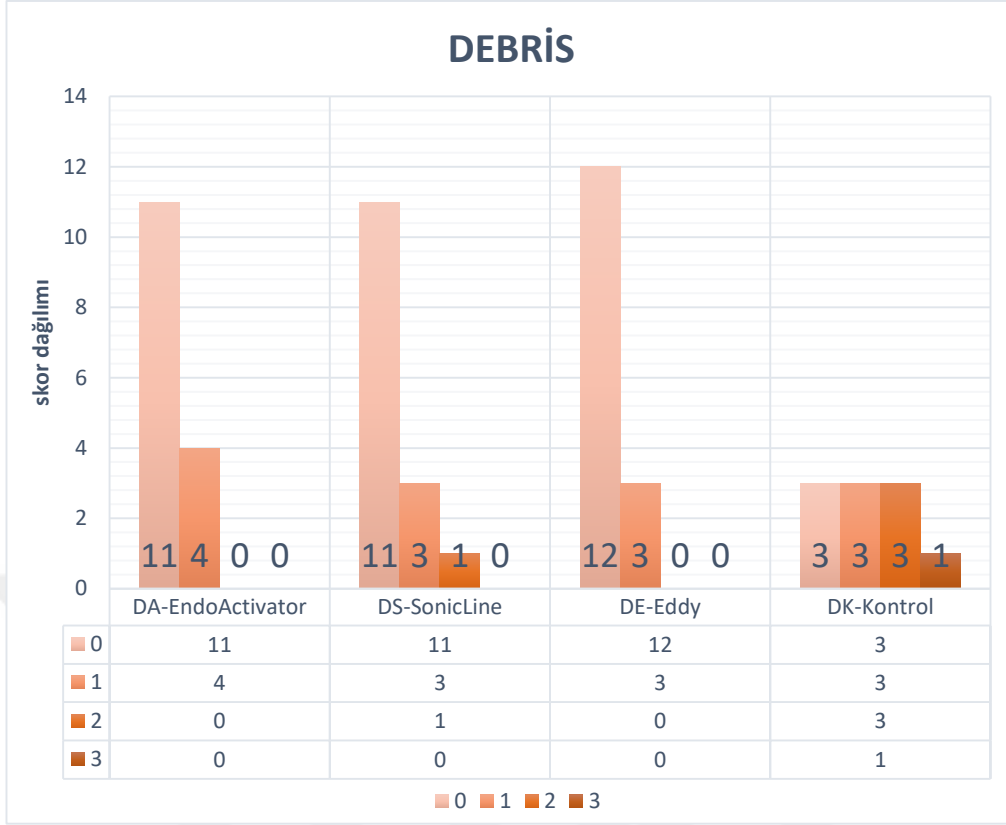
	GRUPLAR	Örnek Sayısı	Sıra Ortalaması
SKOR	KA	15	29,33
	KS	15	22,80
	KE	15	25,53
	KK	10	37,50
	Total	55	
Test İstatistikleri^{a,b}			
		SKOR	
Chi-Square			6,588
df			3
Asymp. Sig.			<u>.086</u>
a. Kruskal Wallis Testi			
b. Grup değişkenleri: GRUPLAR			

Tablo 7: Kalsiyum hidroksit gruplarının Kruskal-Wallis testi ile değerlendirmesi (p<0.05)

İstatistik sonucuna göre çalışma başlangıcında kurulan Hipotez 0 kabul edildi. Gruplar arası anlamlı fark bulunmadığı için Hipotez 1 reddedildi. Sonik aktivasyon sistemlerinin kendi aralarında da skorlarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi.

5.2.Debris Grupları

Çalışmanın, debris temizleme etkinliklerinin değerlendirildiği ikinci kısmına ait skorlar Tablo 8’de gösterildiği gibidir.



Tablo 8: Debris temizleme etkinliği değerlendirilen gruplarda skor dağılım tablosu

4 gruba ait skorlar Kruskal-Wallis testi ile değerlendirildi (Tablo 9, 10).

“Hipotez 0: debris temizleme etkinlikleri açısından sonik aktivasyon sistemleri ile kontrol grubu arasında fark yoktur.

Hipotez 1: debris temizleme etkinlikleri açısından gruplardan en az biri farklıdır.” Şeklinde hipotez kuruldu.

Gruplar	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	95% Güven Aralığı		En Düşük	En Yüksek
					Alt sınıır	Üst sınıır		
DA	15	,27	,458	,118	,01	,52	0	1
DS	15	,33	,617	,159	-,01	,68	0	2
DE	15	,20	,414	,107	-,03	,43	0	1
DK	10	1,20	1,033	,327	,46	1,94	0	3
Total	55	,44	,714	,096	,24	,63	0	3

Tablo 9: Debris temizleme etkinliği değerlendirilen grupların tanımlayıcı istatistik tablosu

	GRUPLAR	Örnek Sayısı	Sıra Ortalaması
SKOR	DA	15	25,67
	DS	15	26,23
	DE	15	24,00
	DK	10	40,15
	Total	55	
Test istatistikleri^{a,b}			
		SKOR	
Chi-Square		10,536	
df		3	
Asymp. Sig.		,015	
a. Kruskal Wallis Testi			
b. Grup değişkenleri: GRUPLAR			

Tablo 10: Debris temizleme etkinliği bakılan grupların Kruskal-Wallis tablosu (p<0.05)

Kruskal-Wallis testi ile elde edilen 0.015 değeri, 0.05'ten küçük olduğu için anlamlı bir fark olduğu görüldü; yani gruplardan en az biri diğerlerinden farklıdır. Bu durumda Hipotez 0 reddedildi. Değerlere Dunn-Bonferroni testi uygulandı (Tablo 11).

Grup1-Grup2	Test istatistiği	Standart hata	Standart test istatistiği	Anlamlılık
DE-DA	1,667	4,832	,345	,730
DE-DS	2,233	4,832	,462	,644
DE-DK	-16,150	5,402	-2,990	<u>,003</u>
DA-DS	-,567	4,832	-,117	,907
DA-DK	-14,483	5,402	-2,681	<u>,007</u>
DS-DK	-13,917	5,402	-2,579	<u>,010</u>

Tablo 11: Gruplar arası değerlendirme için Dunn-Bonferroni uygulandı (p<0.05)

DE-DK, DA-DK, DS-DK grupları arasındaki değerler 0.05'ten küçük olduğundan istatistiksel olarak anlamlı fark gözlemlendi.

Kanal içi düzensizliklerden dentin debrisi uzaklaştırma etkinlikleri açısından kıyaslandıklarında sonik aktivasyon sistemlerinin (gruplar DA, DS, DE), konvansiyonel şiringa ile irrigasyona (grup DK) göre daha etkin bir temizlik sağladığı görüldü. Kontrol grubu ile diğer gruplar arasında anlamlı fark çıkmasından dolayı Hipotez 1 kabul edildi. Sonik sistemler (gruplar DA, DS, DE) kendi aralarında değerlendirildiklerinde ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi.



6. TARTIŞMA

Kanalın belirli bir seviyeye kadar genişletilmiş olması, kanal içindeki solüsyon hacmini ve sıvı akış dinamiğini etkileyeceğinden (272) tüm örneklerin genişletilmesi standardize edildi (157). De Gregorio ve ark'ın çalışmasında çap ve koniklik açısı 40/.06'ya kadar arttıkça sirkülasyondaki irrigasyon solüsyonu hacminin arttığı ancak daha geniş kanallarda anlamlı bir fark oluşmadığı belirtilmiştir (272). Çalışmamızda da genişletme miktarı apikal 40/.06 olarak belirlendi. Beklenenden geniş kanallı dişlerle kalsifiye dişler çalışma dışı bırakıldı. Açılan yapay oluklar, daha önce debris (69) ve kalsiyum hidroksit (161) temizleme etkinliğini inceleyen araştırmalardakilerle uyumlu ebatlarda hazırlandı.

Final irrigasyondaki total sodyum hipoklorit hacmi 6 ml olarak belirlendi (138, 270). In vivo koşullara benzemesi açısından kapalı sistem irrigasyon modeli kurulan (273) çalışmada kanül ve aktivasyon uçlarının yerleşim derinliği önceki çalışmalarla ve firma önerileriyle uyumlu ayarlandı (2, 270, 274). Toplam sonik aktivasyon süresi 60 saniye olarak belirlendi (163).

İki seans arasında bekletmek amacıyla özellikle apikal periodontitis vakalarında; doku çözmesi (240), antibakteriyel etkinliği (228) ve lipopolisakkarit degradasyonu (246) özelliklerinin kombinasyonundan dolayı en sık tercih edilen medikament olan kalsiyum hidroksit patının kanalda bekletilme süresi ile ilgili değişken veriler mevcuttur. Kanal içinde en az 1 hafta bekletilmesi durumunda kanal içi bakterilerde azalma olduğu belirtilmiştir (228, 275). Bu bilgi baz alınarak çalışmamızda kalsiyum hidroksit örnekleri 1 hafta bekletildi.

Tüm antimikrobiyal etkilerine rağmen kalsiyum hidroksit patının kanal dolumu öncesinde kanal duvarlarından tamamen temizlenmemesi durumunda kanal patının adaptasyonunu olumsuz yönde etkileyeceği ve sızıntıya imkan vererek prognozu kötüleştireceği belirtilmiştir (276, 277). Ayrıca kalsiyum hidroksit kalıntılarının kullanılacak kanal patıyla etkileşime girebileceği, örneğin çinko oksit öjenol bazlı bir kanal patı uygulandığında kalsiyum öjenolat kristalleri oluştuğu, bu kristallerin kümeleşerek kanal patının tübüllerin içine penetrasyonunu azaltacağı görülmüştür (261). Kalsiyum hidroksitle etkileşim, kullanılan kanal patının kimyasal yapısına göre

değişmektedir. Eğer tedavide kalsiyum hidroksit medikamenti kullanıldıysa kanal duvarına bağlanan Resilon (278) ve AH Plus (279) gibi patların tercih edilmesi önerilmiştir (13). Kalsiyum hidroksitin kanaldan uzaklaştırılması için manuel eğeleme, irrigasyon aktivasyonları gibi basamaklar denenmiştir. El ile eğelemenin kalsiyum hidroksit uzaklaştırma etkinliğini rutin irrigasyona göre arttırdığı ancak tam bir temizlik sağlayamadığı bilinmektedir (261). Kalsiyum hidroksit temizleme etkinliğini, medikament tozuyla birlikte kullanılan taşıyıcı likit de etkilemektedir. Metilselüloz, yağ veya propilen glikol gibi visköz taşıyıcılar salin solüsyonu veya distile suya göre temizliği zorlaştırır (264, 280). Kalsiyum hidroksitin kanaldan uzaklaştırılması için EDTA ve sitrik asit gibi irrigasyon solüsyonlarının kullanımı önerilmiştir (281); çalışmamızda da buna uygun olarak final irrigasyonunda sodyum hipoklorite ek olarak EDTA ile irrigasyon ve aktivasyon da uygulandı.

Çalışmamızda sonik aktivasyon grupları ile konvansiyonel şırınga irrigasyonu arasında kalsiyum hidroksit temizleme etkinliği açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı. Bu durum daha önce EndoActivator'un konvansiyonel şırınga irrigasyonu ile yapay oluklardan kalsiyum hidroksit uzaklaştırma etkinliği açısından kıyaslandığı ve aynı skorlama sistemiyle değerlendirildiği bir başka çalışmanın sonucuyla uyum içindedir (282). Ancak EndoActivator'un kalsiyum temizleme etkinliğinin şırınga irrigasyonundan daha üstün olduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur (283, 284). Bu farkın bir sebebi Khaleel ve ark'ın yaptıkları çalışmada başlangıç genişletmesinin 30/.06 yapılması, ancak çalışmamızda 40/.06 genişletme sağlanması dolayısıyla kanal genişledikçe konvansiyonel irrigasyon etkinliğinin göreceli olarak daha fazla artması olabilir (283). Alturaiki ve ark'ın yaptıkları çalışmada ise kullanılan EDTA miktarının 3 ml olması, 1 ml EDTA kullanılan çalışmamızla farklı bulguların elde edilmesine neden olmuş olabilir (284).

Kalsiyum hidroksitin kanaldan tamamen uzaklaştırılması zordur, ultrasonik aktivasyon uygulanan bir çalışmada kalsiyum hidroksitin tamamen temizlenebilmesinin ancak örneklerin %11.7'sinde mümkün olabildiği belirtilmiştir (285). Bir başka çalışmada hiçbir aktivasyon tekniğiyle kanal duvarından tamamen temizlenemediği ancak ultrasonik aktivasyonun pasif irrigasyondan daha etkili olduğu görülmüştür (286). Yapay oluklardan kalsiyum hidroksit uzaklaştırılan bir çalışmada da hiçbir irrigasyon tekniğinin kalsiyum hidroksiti oluklardan tamamen

temizleyemediği bildirilmiştir (282). Çalışmamızda da kalsiyum hidroksit örneklerinin %56,3'ünde medikamentin tamamen uzaklaştırılmadığı saptandı.

Kök kanal tedavilerinde kullanılmakta olan nikel titanyum aletler kanal sisteminin merkez gövdesinde etkili olmalarına rağmen lateral kanal, fin, çıkmaz kanal (cul de sac) gibi alanları dokunmadan bırakmaktadır (71, 287, 288). Bu alanlar doku debris, mikroorganizmalar, ve bu mikroorganizmaların ürünleri için bir rezervuar işlevi görebilir ve inatçı periradiküler enfeksiyonlara yol açabilir (289). Kök kanal sistemindeki mikroorganizmaları elimine etmek sadece mekanik preparasyonla mümkün olamadığı için irrigasyon solüsyonları ve medikamentlerle kimyasal etki elde etmek amaçlanır (7). Sodyum hipoklorit antibakteriyel etkinliği ve doku çözme kabiliyetinden dolayı hala ilk tercih edilen irrigasyon solüsyonudur (290). Sodyum hipoklorit ve EDTA'nın kombine kullanımının smear tabakasının kaldırılmasında etkili olduğu bilinmektedir (36). Bu sebeple çalışmamızda irrigasyon solüsyonu olarak sodyum hipoklorit ve EDTA kullanmayı tercih ettik.

Kanal tedavisinin başarısında kök kanallarının dezenfeksiyonuna ek olarak, mekanik preparasyon sırasında oluşan smear tabakasının kaldırılması da etkilidir (291). İstmuslar, lateral kanallar ve internal rezorpsiyonlar gibi kanal içi düzensizlik alanlarının temizliği zor olduğu gibi, mekanik preparasyon sırasında bu girintilere ekstra debris sıkışması meydana gelir (121, 292). Kanal duvarlarından smear ve debris temizleme etkinlikleri taramalı elektron mikroskobu vasıtasıyla incelenebilmektedir (273). Kanal içi düzensizliklerden çeşitli materyallerin (debris, medikament, antibiyotik patı gibi) uzaklaştırılması etkinliğine bakmak için ise, standardize yapay oluklar hazırlanıp içlerinin doldurulması modeli kullanılmaktadır (293). Kök kanal duvarı boyunca gerçekleşen temizliğin incelendiği çalışmalar (148, 264, 294, 295) bulunmakla birlikte, çalışmamızda daha önce başka çalışmalarda da kullanılan ve temizliği nispeten zor olan kanal içi düzensizlikleri yansıttığı düşünülen bir tasarım tercih ettik. Aynı boyuttaki yapay oluklarla daha önce hem kalsiyum hidroksit hem de debris temizleme etkinliği değerlendirilmiştir (17, 140, 161, 180, 296). Yapay olukların belirli hacimde olması ve bu standart alandaki birikimi skorlandırmanın tekrarlanabilirliği sistemin avantajlarından.

Titreşen bir cihaz sıvı ortamına koyulduğunda titreşimler, cihaz çevresindeki sıvının basıncında yer yer ani artış (kompresyon) ve azalmalar (rarefaksiyon) meydana getirir. Rarefaksiyon fazında, belirli bir amplitüde erişildiğinde sıvı akustik akıma dayanamaz ve sıvıda kavitasyon denilen baloncuklar meydana gelir. Bir sonraki basınç evresinde de bu gaz dolu alanlar patlayarak dağılır ve sıvı içinde mevcut olan gazda lokal olarak ısı artışı ve basınç meydana getirir (297). Bu kavitasyon ve akustik akıma el ile uygulanan bir eylemle ulaşmak mümkün olmamakla birlikte ultrasonik cihazlarla ulaşılabilirdiği belirtilmiştir (158). Kavitasyonlar ultrasonik titreşimle çalışan uçtan yaklaşık 2 mm ötede ve lateral kanal istmus gibi alanların sadece girişlerinde bir miktar oluşabilmektedir. Kıvrık kanallarda uç kurvatürlü kanal duvarına değdiğinde bile uçtan 2 mm ileride kavitasyon oluşabilir. Sonik cihazlarda ise EndoActivator sisteminin titreşime rağmen kavitasyon baloncukları yaratmadığı belirtilmiştir (298, 299). Üretici firma 5000-6000 Hz frekansla çalıştırıldığında Eddy sonik aktivasyon sisteminin akustik akımla beraber kavitasyon baloncukları da ürettiğini iddia etmektedir (300) ancak literatür bilginimiz dahilinde bununla ilgili yapılmış bir çalışma henüz bulunmamaktadır.

Çalışmamızda debris temizleme etkinliği açısından değerlendirildiğinde sonik aktivasyon grupları konvansiyonel şırınga irrigasyonuna göre daha iyi temizlik sağlamıştır. Elde edilen sonuç, EndoActivator'un konvansiyonel irrigasyondan daha etkin temizlik sağladığını belirten çalışmalarla uyumlu olmakla birlikte (295, 301-305), konvansiyonel irrigasyon ve EndoActivator aktivasyon sistemi arasında fark bulmayan çalışmalardan (69, 306, 307) farklıdır. Arslan ve ark'ın çalışmasında EDTA ile irrigasyon aktivasyonu yapılmaması bu farkın bir sebebi olabilir (69). Klyn ve ark'ın düz kanal yüzeyi ve istmuslardan debris temizliğini incelediği çalışmasında da EDTA ile irrigasyon aktivasyonu uygulanmamıştır (306). Rödig ve ark'ın çalışmasında kurvatürlü köklerin incelenmiş olması, kurvatürün ötesinde aktivasyon etkinliğinin azalmış olabileceğini düşündürülebilir (307). SonicLine ve Eddy sistemleri ile EndoActivator arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark çıkmamıştır, yani kanal içi düzensizliklerden debris temizleme etkinliklerinin eşdeğer bulunduğu söylenebilir. Bunun, sistemlerin benzer bir sonik aktivasyon etkisi yaratmalarının sonucu olduğu düşünülebilir.

Sonik ve ultrasonik cihazlar debris ve medikament uzaklaştırma etkinlikleri bakımından pek çok kez karşılaştırılmıştır. Ultrasoniklerin sonik sistemlere göre daha iyi debris uzaklaştırdığı (299), lateral kanallara irrigantı daha iyi penetre ettiği (308), kanaldan kalsiyum hidroksit uzaklaştırmada daha başarılı olduğu belirtilmiştir (163). Ancak ultrasonik sistemlerin, firma önerilerine uyularak kullanılsa bile düz veya kıvrık kanalı dişlerin kök dentininde özellikle apikal üçlüde kontrolsüz bir aşınmaya sebep olabileceği (309, 310) riskine karşın daha az agresif uçlara sahip sonik sistemlerle ilgili daha çok çalışma yapılması düşünülmüştür (168). Bu avantajından dolayı çalışmamızda EndoActivator sistemi ve benzer iki sonik sistemi karşılaştırmayı tercih ettik. Çalışmada kullandığımız EndoActivator polimer (doymamış, düşük viskoziteli asetal kopolimer) uçlara sahiptir (270). Eddy sisteminin poliamid uçları da dentinden daha yumuşak olduğundan dolayı kanal içinde ultrasonik uçlara göre daha az harabiyet oluşturması beklenmektedir. SonicLine ise nikel titanyumdan üretilmiş uçlara sahiptir. Firma; üstü titanyum nitrit kaplanmış, küt sonlanan ve çıkıntıları bulunmayan uçların fleksibl olduğunu ve kanal duvarlarına zarar vermediğini belirtmiştir (311) ancak bununla ilgili bir çalışma bulunmamaktadır.

Piyasaya yeni çıkmış olan Eddy aktivasyon uçları ile ilgili çok az çalışma bulunmaktadır (168, 170, 270). Bir çalışmada aktivasyonun kanaldan organik doku çözme etkinliğine katkısı incelenmiş olup; Eddy'nin pasif ultrasonik irrigasyon ve EndoActivator'e eşdeğer bir şekilde, aktivasyon yapılmayan kontrol grubuna göre doku çözme etkinliğini arttırdığı görülmüştür (270). Urban ve ark düz kanalların koronal, orta ve apikal alanlarından debris uzaklaştırma etkinliğini taramalı elektron mikroskobu ile inceleyerek EndoActivator, Eddy ve Pasif ultrasonik irrigasyonun manuel şırınga irrigasyonundan daha etkili olduğunu ancak bu üç aktivasyon sisteminin kendi içinde anlamlı fark göstermediğini belirtmiştir. Yapılan bu çalışmada oluk açılmayıp, kanal yüzeyleri değerlendirilmiştir ve solüsyon olarak sadece sodyum hipoklorit kullanılmıştır. Çalışmamızda da Eddy ve EndoActivator arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır. Çalışmanın bulguları yapay olukların değerlendirildiği çalışmamızla benzerlik göstermektedir (170).

Antibakteriyel etkinlik üzerine yapılan bir çalışmada Eddy'nin hem düz hem de kurvatürlü kanallarda en az pasif ultrasonik irrigasyon kadar etkin temizlik sağladığı, ultrasonik cihazı bulunmayan kliniklerde halihazırda olan airscaler'a takılıp rutin

kullanıma girebilecek pratik bir cihaz olduğu belirtilmiştir (168). Çalışmamızda da Eddy, Endoactivator sistemine eşdeğer sonuçlar vererek debris temizleme etkinliği bakımından kontrol grubuna göre bir üstünlük sağlarken kalsiyum hidroksit temizleme etkinliğinde konvansiyonel şırınga irrigasyonu ile istatistiksel olarak anlamlı fark yaratmamıştır.



7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Limitasyonlar dahilinde çalışmamızdan elde edilen sonuçlar ve konu ile ilgili öneriler şöyle sıralanabilir:

-Çalışmamızda rutin uygulamada en çok kullanılan solüsyonlar olan NaOCl ve EDTA kullanılmıştır. Gelecekte kalsiyum hidroksitin kanaldan uzaklaştırılmasını kolaylaştırmak amacıyla sonik aktivasyon sistemlerinin farklı kimyasallarla kombine edilerek kullanımını düşünülebilir.

-Kalsiyum hidroksit uzaklaştırma etkinliğinin incelendiği 55 örnekten yalnızca 24'ü yani örneklerin %43,6'sı 0 skoru almıştır. Bu da kalsiyum hidroksitin kanal duvarından ve kanal içi düzensizliklerden tamamen uzaklaştırılmasının zorluğunu kanıtlamıştır.

-Kök içi düzensizliklerden kalsiyum hidroksit uzaklaştırma açısından sonik sistemlerle konvansiyonel şırınga irrigasyonu arasında çıkan fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Kalsiyum hidroksitin kanaldan uzaklaştırılmasındaki güçlükler düşünüldüğünde bu etkinliği arttıracak yeni teknikler ve ekipmanlar geliştirilmesi düşünülebilir.

-Piyasaya yeni çıkmış olan Eddy ve SonicLine aktivasyon sistemleri yıllardır kullanılmakta olan EndoActivator ile benzer şekilde debris ve kalsiyum hidroksit uzaklaştırmaktadır. Bu yeni sistemlerin mekanik özellik ve klinik etkilerinin ilerde ultrasonik aktivasyon gibi diğer irrigasyon aktivasyon sistemleriyle de kıyaslanması düşünülebilir.

-Sonik sistemler kök kanalındaki düzensiz, girintili alanlardan konvansiyonel yöntemle göre daha etkili bir şekilde dentin debrisini uzaklaştırmaktadır. Rutin klinik uygulamada en çok kullanılan sistem olan konvansiyonel irrigasyonun bazı durumlarda yeterli olmayabileceği, klinisyenlerin bu yöntemle ek olarak aktivasyon tekniklerini de uygulamaları önerilebilir.

-Piyasaya yeni çıkmış olan Eddy ve SonicLine aktivasyon sistemlerinin klinik uygulamalarına ilişkin fazla çalışma bulunmadığından gelecekte in vivo çalışmalar yapılması düşünülebilir.

-Değerlendirmiş olduğumuz sonik aktivasyon sistemlerinin temizleme etkinliğine katkıları, gelecekte taramalı elektron mikroskobu (312, 313) ve mikro bilgisayarlı tomografi (μ CT)'nin (163, 314) kullanıldığı çalışma tasarımlarıyla da incelenebilir. Aynı zamanda simüle edilmiş standardize olukların haricinde; kurvatürlü, oval, c şekilli kanallar veya istmuslardan (306) temizleme etkinlikleri de araştırılabilir.



8. ÖZET

3 FARKLI SONİK AKTİVASYON SİSTEMİNİN KÖK KANALLARINDA STANDARDİZE YAPAY OLUKLARDAN DEBRİS VE KALSİYUM HİDROKSİT UZAKLAŞTIRMA ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu çalışmanın amacı: kök kanal irrigasyonunda sonik aktivasyon için kullanılan EndoActivator, SonicLine ve Eddy sistemlerinin, kök kanallarındaki düzensizliklerden kalsiyum hidroksit ve debris temizleme etkinliklerinin incelenmesidir.

Deney grupları için örnek sayısı 15, kontrol grupları için 10 diş olarak belirlenmiştir. Bu amaçla periodontal veya preprotetik çekim endikasyonu bulunup yakın zamanda çekilmiş 110 sağlam üst orta keser diş kullanılmıştır. Dişlerin kron kısmı uzaklaştırılıp kök kanal genişletme işlemleri ProTaper Universal ile yapılmıştır. Kökler dikey olarak ikiye bölünüp kanal duvarına bir adet yapay oluk hazırlanmış ve 55 örneğe debris, 55 örneğe kalsiyum hidroksit uygulanmıştır. Birleştirilen yarım lar hermetik olarak örtülenmiş, ardından irrigasyon prosedürleri uygulanmıştır. Tüm gruplarda final irrigasyonu NaOCl (sodyum hipoklorit), EDTA (etilen diamin tetraasetik asit), tekrar NaOCl ve distile su ile yapılmıştır. Deney gruplarında total sonik aktivasyon süresi 60 s olarak belirlenmiştir; bunun 30 saniyesi kanalda NaOCl varlığında, 30 saniyesi EDTA varlığında uygulanmıştır. İrrigasyondan sonra kurutulup tekrar açılan örneklerden x40 büyütmeyle stereomikroskop görüntüleri alınarak olukta kalan debris ve kalsiyum hidroksit miktarları standart bir skorlamaya tabi tutulmuştur. Skorlara Kruskal-Wallis ve Dunn-Bonferroni testi uygulanmıştır ($p < 0.05$).

İstatistik inceleme sonucunda, kalsiyum hidroksit temizleme etkinliği açısından sonik aktivasyon grupları ile kontrol grubu arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Sonik aktivasyon gruplarının konvansiyonel şırınga irrigasyon grubuna göre daha etkin debris uzaklaştırdığı ($p < 0.05$), sonik aktivasyon sistem gruplarının birbirleri arasında anlamlı farklılık bulunmadığı ($p > 0.05$) gözlenmiştir.

Yeni sistemler olan Eddy ve SonicLine'ın debris ve kalsiyum hidroksit uzaklaştırma açısından EndoActivator'e eşdeğer sonuç verdiği söylenebilir. Bu sistemlerin mekanik özellikleri ve klinik uygulamaları ile ilgili yeni çalışmalar düşünülebilir.

Anahtar kelimeler: eddy, endoactivator, debris uzaklaştırma, kalsiyum hidroksit uzaklaştırma, sonicline, sonik aktivasyon

9. ABSTRACT

COMPARISON OF THREE DIFFERENT SONIC ACTIVATION SYSTEMS IN REMOVING DEBRIS AND CALCIUM HYDROXIDE FROM ARTIFICIAL STANDARDIZED GROOVES IN ROOT CANALS

The aim of this study was to evaluate the efficacy of EndoActivator, SonicLine and Eddy sonic irrigation activation systems in removal of calcium hydroxide and dentinal debris from root canal irregularities.

15 teeth were used in each experimental group and 10 teeth in each control group. For this purpose, recently extracted sound 110 maxillary central incisor teeth with periodontal or preprosthetic indications were used. Teeth were decoronized and instrumented with ProTaper Universal. After instrumentation, teeth were split in half vertically and a standardized groove was formed in root canal wall. Afterwards, 55 teeth were filled with calcium hydroxide and dentin debris was applied to other 55 teeth. Two halves of the samples were brought together and sealed, then irrigation procedures were applied. Final irrigation was determined as NaOCl (sodium hypochloride), EDTA (Ethylenediaminetetraacetic acid), NaOCl again and distilled water for all groups. Total sonic activation time was 60 seconds for the experimental groups; 30 seconds of which was applied while canal is filled with NaOCl and 30 seconds with EDTA. After irrigation, the samples were left to dry and reopened; then digital images with a stereomicroscope were obtained with x40 magnification to score remaining debris and calcium hydroxide normatively. Kruskal-Wallis and Dunn-Bonferroni tests were applied to the scores ($p < 0.05$).

Regarding the statistical analysis, in terms of removing calcium hydroxide from the artificial groove sonic activation systems were not significantly different from the conventional syringe irrigation ($p > 0.05$). Sonic activation systems resulted better in removal of debris from intracanal irregularities than conventional irrigation ($p < 0.05$), however there was no significant difference amongst these three sonic systems ($p > 0.05$).

It can be concluded that novel sonic activation systems Eddy and SonicLine resulted equivalent to EndoActivator. Further research can be executed on mechanical aspects and clinical properties of these systems.

Keywords: eddy, endoactivator, calcium hydroxide removal, debris removal, sonic activation, sonicline

10. KAYNAKLAR

1. Gulabivala K, Ng Y, Gilbertson M, Eames I. The fluid mechanics of root canal irrigation. *Physiological Measurement*. 2010;31(12):R49.
2. de Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Heilborn C, Cohenca N. Effect of EDTA, sonic, and ultrasonic activation on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals: an in vitro study. *Journal of Endodontics*. 2009;35(6):891-5.
3. Gu L-s, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *Journal of Endodontics*. 2009;35(6):791-804.
4. 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. *Journal of Endodontics*. 2003;29(10):674-8.
5. Grossman LI, Meiman BW. Solution of pulp tissue by chemical agents. *The Journal of the American Dental Association*. 1941;28(2):223-5.
6. Harrison J. Irrigation of the root canal system. *Dental Clinics of North America*. 1984;28(4):797-808.
7. BYSTRÖM A, SUNDQVIST G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *European Journal of Oral Sciences*. 1981;89(4):321-8.
8. Siqueira JF, Rôças IN, Santos SR, Lima KC, Magalhães FA, de Uzeda M. Efficacy of instrumentation techniques and irrigation regimens in reducing the bacterial population within root canals. *Journal of Endodontics*. 2002;28(3):181-4.
9. 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.
10. Siqueira J, Lopes H. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *International endodontic journal*. 1999;32(5):361-9.
11. Law A, Messer H. An evidence-based analysis of the antibacterial effectiveness of intracanal medicaments. *Journal of endodontics*. 2004;30(10):689-94.
12. Çalt S, Serper A. Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. *Journal of Endodontics*. 1999;25(6):431-3.
13. Kim S, Kim Y. Influence of calcium hydroxide intracanal medication on apical seal. *International endodontic journal*. 2002;35(7):623-8.
14. Violich D, Chandler N. The smear layer in endodontics—a review. *International Endodontic Journal*. 2010;43(1):2-15.
15. De-Deus G, Reis C, Beznos D, de Abranches AMG, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. *Journal of Endodontics*. 2008;34(11):1401-5.
16. Nair P, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after “one-visit” endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2005;99(2):231-52.
17. Lee SJ, Wu MK, Wesselink P. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *International Endodontic Journal*. 2004;37(10):672-8.
18. Ruddle CJ. Hydrodynamic disinfection: tsunami endodontics. *Dentistry today*. 2007;26(5):110.

19. Peters OA, Peters CI. Cleaning and shaping of the root canal system. *Pathways of the Pulp*. 2006;9:290-357.
20. Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *Journal of Endodontics*. 1987;13(4):147-57.
21. Pashley D. Smear layer: Overview of structure and function. *Proceedings of the Finnish Dental Society Suomen Hammaslaakariseuran toimituksia*. 1991;88:215-24.
22. Eick JD, Wilko RA, Anderson CH, Sorensen SE. Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *Journal of Dental Research*. 1970;49(6):1359-68.
23. Bra M, Johnson G. Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: a scanning electron microscopic investigation. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1974;31(4):422-30.
24. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *Journal of Endodontics*. 1975;1(7):238-42.
25. Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Lin PS. The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1981;52(2):197-204.
26. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *Journal of Endodontics*. 1984;10(10):477-83.
27. Aktener BO, Cengiz T, Pişkin B. The penetration of smear material into dentinal tubules during instrumentation with surface-active reagents: A scanning electron microscopic study. *Journal of endodontics*. 1989;15(12):588-90.
28. Barnes J. The production of inlay cavity bevels. *British dental journal*. 1974;137(10):379.
29. Gilboe DB, Svare CW, Thayer KE, Drennon DG. Dentinal smearing: an investigation of the phenomenon. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1980;44(3):310-6.
30. Cameron JA. The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration; SEM study. *Australian Dental Journal*. 1988;33(3):193-200.
31. Şen BH, Safavi KE, Spångberg LS. Antifungal effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine in root canals. *Journal of Endodontics*. 1999;25(4):235-8.
32. Cameron J. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *Journal of Endodontics*. 1983;9(7):289-92.
33. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, et al. A new solution for the removal of the smear layer. *Journal of Endodontics*. 2003;29(3):170-5.
34. Borges AB, da Silva MA, Borges ALS, Werkman C, Torres CRG, Pucci CR. Microshear bond strength of self-etching bonding systems to ultrasound diamond bur-prepared dentin. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2011;13(5).
35. Ritter AV, Swift EJ. Current restorative concepts of pulp protection. *Endodontic topics*. 2003;5(1):41-8.
36. Cengiz T, Aktener B, Piskin B. The effect of dentinal tubule orientation on the removal of smear layer by root canal Irrigants. *International Endodontic Journal*. 1990;23(3):163-71.
37. Vojinovic O, Nyborg H, Brannstrom M. Acid treatment of cavities under resin fillings: bacterial growth in dentinal tubules and pulpal reactions. *Journal of dental research*. 1973;52(6):1189-93.
38. Diamond A, Carrel R. The smear layer: a review of restorative progress. *The Journal of pedodontics*. 1983;8(3):219-26.
39. Michelich V, Schuster G, Pashley DH. Bacterial penetration of human dentin in vitro. *Journal of Dental Research*. 1980;59(8):1398-403.

40. Bra M, Nyborg H. Cavity treatment with a microbicidal fluoride solution: growth of bacteria and effect on the pulp. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1973;30(3):303-10.
41. Baker NA, Eleazer PD, Averbach RE, Seltzer S. Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *Journal of Endodontics*. 1975;1(4):127-35.
42. Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *Journal of endodontics*. 1983;9(4):137-42.
43. MERYON SD, Jakeman K, Browne R. Penetration in vitro of human and ferret dentine by three bacterial species in relation to their potential role in pulpal inflammation. *International endodontic journal*. 1986;19(5):213-20.
44. Meryon S, Tobias R, Jakeman K. Smear removal agents: a quantitative study in vivo and in vitro. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1987;57(2):174-9.
45. Olgart L, Brännström M, Johnson G. Invasion of bacteria into dentinal tubules Experiments in vivo and in vitro. *Acta Odontologica Scandinavica*. 1974;32(1):61-70.
46. Akpata E, Blechman H. Bacterial invasion of pulpal dentin wall in vitro. *Journal of Dental Research*. 1982;61(2):435-8.
47. Pashley DH. Smear layer: physiological considerations. *Operative dentistry Supplement*. 1983;3:13-29.
48. Gençoğlu N, Samani S, Günday M. Dentinal wall adaptation of thermoplasticized gutta-percha in the absence or presence of smear layer: a scanning electron microscopic study. *Journal of endodontics*. 1993;19(11):558-62.
49. Pallares A, Faus V, Glickman G. The adaptation of mechanically softened gutta-percha to the canal walls in the presence or absence of smear layer: a scanning electron microscopic study. *International endodontic journal*. 1995;28(5):266-9.
50. Goldberg F, Abramovich A. Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. *Journal of Endodontics*. 1977;3(3):101-5.
51. Wayman BE, Kopp WM, Pinero GJ, Lazzari E. Citric and lactic acids as root canal irrigants in vitro. *Journal of Endodontics*. 1979;5(9):258-65.
52. White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *Journal of Endodontics*. 1984;10(12):558-62.
53. Okşan T, Aktener B, Şen B, Tezel H. The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*. 1993;26(5):301-5.
54. Cergneux M, Ciucchi B, Dietschi J, Holz J. The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *International Endodontic Journal*. 1987;20(5):228-32.
55. Cameron JA. The use of 4 per cent sodium hypochlorite, with or without ultrasound, in cleansing of uninstrumented immature root canals; SEM study. *Australian dental journal*. 1987;32(3):204-13.
56. George S, Kishen A, Song P. The role of environmental changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by *Enterococcus faecalis*. *Journal of endodontics*. 2005;31(12):867-72.
57. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International Endodontic Journal*. 2003;36(12):810-30.
58. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2002;94(6):658-66.
59. Rubin LM, Skobe Z, Krakow AA, Gron P. The effect of instrumentation and flushing of freshly extracted teeth in endodontic therapy: a scanning electron microscope study. *Journal of endodontics*. 1979;5(11):328-35.

60. Stewart GG, Kapsimalas P, Rappaport H. EDTA and urea peroxide for root canal preparation. *The Journal of the American Dental Association*. 1969;78(2):335-8.
61. 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.
62. Loel DA. Use of acid cleanser in endodontic therapy. *The Journal of the American Dental Association*. 1975;90(1):148-51.
63. Bitter NC. A 25% tannic acid solution as a root canal irrigant cleanser: a scanning electron microscope study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1989;67(3):333-7.
64. KOSKINEN KP, MEURMAN JH, STENVALL H. Appearance of chemically treated root canal walls in the scanning electron microscope. *European Journal of Oral Sciences*. 1980;88(6):505-12.
65. Baumgartner JC, Brown CM, Mader CL, Peters DD, Shulman JD. A scanning electron microscopic evaluation of root canal debridement using saline, sodium hypochlorite, and citric acid. *Journal of Endodontics*. 1984;10(11):525-31.
66. GRIFFITHS BM, Stock C. The efficiency of irrigants in removing root canal debris when used with an ultrasonic preparation technique. *International endodontic journal*. 1986;19(6):277-84.
67. TAKEDA FH, HARASHIMA T, KIMURA Y, MATSUMOTO K. Comparative study about the removal of smear layer by three types of laser devices. *Journal of clinical laser medicine & surgery*. 1998;16(2):117-22.
68. Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. Efficacy of Er: YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. *Journal of Endodontics*. 1998;24(8):548-51.
69. Arslan H, Capar I, Saygili G, Gok T, Akcay M. Effect of photon-initiated photoacoustic streaming on removal of apically placed dentinal debris. *International endodontic journal*. 2014;47(11):1072-7.
70. Davis SR, Brayton SM, Goldman M. The morphology of the prepared root canal: a study utilizing injectable silicone. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1972;34(4):642-8.
71. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *Journal of endodontics*. 2004;30(8):559-67.
72. Peters O, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *International endodontic journal*. 2001;34(3):221-30.
73. Svec TA, Harrison JW. Chemomechanical removal of pulpal and dentinal debris with sodium hypochlorite and hydrogen peroxide vs normal saline solution. *Journal of Endodontics*. 1977;3(2):49-53.
74. Hess W, Zürcher E, Dolamore WH. *The anatomy of the root-canals of the teeth of the permanent dentition: J. Bale, sons & Danielsson, ltd.; 1925.*
75. Zürcher E. *The anatomy of the root canals of the teeth of the deciduous dentition and of the first permanent molars. New York: William Wood & Co. 1925.*
76. Walton RE. Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space. *Journal of Endodontics*. 1976;2(10):304-11.
77. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am*. 1974;18:269-96.
78. West JD. The relationship between three-dimensional endodontic seal and endodontic failures 1975.

79. Carver K, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo antibacterial efficacy of ultrasound after hand and rotary instrumentation in human mandibular molars. *Journal of endodontics*. 2007;33(9):1038-43.
80. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dental Clinics of North America*. 2010;54(2):291-312.
81. Zehnder M. Root canal irrigants. *Journal of endodontics*. 2006;32(5):389-98.
82. Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation—literature review and case reports. *International Endodontic Journal*. 2000;33(3):186-93.
83. Stenhouse M, Patel B. Irrigation and Disinfection. *Endodontic Treatment, Retreatment, and Surgery*: Springer; 2016. p. 101-28.
84. McDonnell G, Russell AD. Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. *Clinical microbiology reviews*. 1999;12(1):147-79.
85. Frai S, Ng YL, Gulabivala K. Some factors affecting the concentration of available chlorine in commercial sources of sodium hypochlorite. *International endodontic journal*. 2001;34(3):206-15.
86. Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian dental journal*. 2002;13(2):113-7.
87. Barrette Jr WC, Hannum DM, Wheeler WD, Hurst JK. General mechanism for the bacterial toxicity of hypochlorous acid: abolition of ATP production. *Biochemistry*. 1989;28(23):9172-8.
88. McKenna SM, Davies K. The inhibition of bacterial growth by hypochlorous acid. Possible role in the bactericidal activity of phagocytes. *Biochemical Journal*. 1988;254(3):685-92.
89. Hand RE, Smith ML, Harrison JW. Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *Journal of endodontics*. 1978;4(2):60-4.
90. Yana Y. An in Vivo Comparative Study of the Penetration of Sodium Hypochlorite in Root Canal Systems During Cleaning and Shaping Procedures Using the BU Technique and the Sonic Instrumentation 1989.
91. Cunningham WT, Balekjian AY. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1980;49(2):175-7.
92. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *Journal of Endodontics*. 2005;31(9):669-71.
93. Moorer W, Wesselink P. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *International Endodontic Journal*. 1982;15(4):187-96.
94. Zehnder M, Kosicki D, Luder H, Sener B, Waltimo T. Tissue-dissolving capacity and antibacterial effect of buffered and unbuffered hypochlorite solutions. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2002;94(6):756-62.
95. Vianna ME, Gomes BP, Berber VB, Zaia AA, Ferraz CCR, de Souza-Filho FJ. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2004;97(1):79-84.
96. Haapasalo H, Siren E, Waltimo T, Orstavik D, Haapasalo M. Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study. *International Endodontic Journal*. 2000;33(2):126-31.
97. Portenier I, Waltimo T, Ørstavik D, Haapasalo M. The susceptibility of starved, stationary phase, and growing cells of *Enterococcus faecalis* to endodontic medicaments. *Journal of Endodontics*. 2005;31(5):380-6.

98. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology.* 1983;55(3):307-12.
99. Clegg M, Vertucci F, Walker C, Belanger M, Britto L. The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *Journal of endodontics.* 2006;32(5):434-7.
100. Fabian T, Walker S. Stability of sodium hypochlorite solutions. *American Journal of Health-System Pharmacy.* 1982;39(6):1016-7.
101. Cotter J, Fader R, Lilley C, Herndon D. Chemical parameters, antimicrobial activities, and tissue toxicity of 0.1 and 0.5% sodium hypochlorite solutions. *Antimicrobial agents and chemotherapy.* 1985;28(1):118-22.
102. Spangberg L, Engström B, Langeland K. Biologic effects of dental materials: 3. Toxicity and antimicrobial effect of endodontic antiseptics in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology.* 1973;36(6):856-71.
103. Sim T, Knowles J, Ng YL, Shelton J, Gulabivala K. Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *International Endodontic Journal.* 2001;34(2):120-32.
104. Marending M, Luder H, Brunner T, Knecht S, Stark W, Zehnder M. Effect of sodium hypochlorite on human root dentine—mechanical, chemical and structural evaluation. *International endodontic journal.* 2007;40(10):786-93.
105. Yoshida T, Shibata T, Shinohara T, Gomyo S, Sekine I. Clinical evaluation of the efficacy of EDTA solution as an endodontic irrigant. *Journal of Endodontics.* 1995;21(12):592-3.
106. Hottel TL, El-Refai NY, Jones JJ. A comparison of the effects of three chelating agents on the root canals of extracted human teeth. *Journal of endodontics.* 1999;25(11):716-7.
107. Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Lin PS. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: part 2. *Journal of endodontics.* 1982;8(11):487-92.
108. Haapasalo M, Ørstavik D. In vitro infection and of dentinal tubules. *Journal of dental research.* 1987;66(8):1375-9.
109. Ørstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Dental Traumatology.* 1990;6(4):142-9.
110. Russell A. Activity of biocides against mycobacteria. *Journal of Applied Microbiology.* 1996;81(s25).
111. Russell A, Day M. Antibacterial activity of chlorhexidine. *Journal of Hospital Infection.* 1993;25(4):229-38.
112. Vahdaty A, Ford T, Wilson R. Efficacy of chlorhexidine in disinfecting dentinal tubules in vitro. *Dental Traumatology.* 1993;9(6):243-8.
113. Heling I, Chandler N. Antimicrobial effect of irrigant combinations within dentinal tubules. *International Endodontic Journal.* 1998;31(1):8-14.
114. Buck R, Eleazer P, Staat R, Scheetz J. Effectiveness of three endodontic irrigants at various tubular depths in human dentin. *Journal of Endodontics.* 2001;27(3):206-8.
115. Jeansonne MJ, White RR. A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *Journal of Endodontics.* 1994;20(6):276-8.
116. Zamany A, Safavi K, Spångberg LS. The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology.* 2003;96(5):578-81.
117. Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *Journal of Endodontics.* 2005;31(11):817-20.

118. Marchesan MA, Júnior BP, de Freitas Afonso MM, Sousa-Neto MD, Paschoalato C. Chemical analysis of the flocculate formed by the association of sodium hypochlorite and chlorhexidine. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2007;103(5):e103-e5.
119. Basrani BR, Manek S, Sodhi RN, Fillery E, Manzur A. Interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate. *Journal of endodontics*. 2007;33(8):966-9.
120. Niu W, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *International Endodontic Journal*. 2002;35(11):934-9.
121. Paqué F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M. Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *Journal of Endodontics*. 2009;35(7):1044-7.
122. Dovgyallo G, Migun N, Prokhorenko P. The complete filling of dead-end conical capillaries with liquid. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. 1989;56(4):395-7.
123. Migoun N, Azouni M. Filling of one-side-closed capillaries immersed in liquids. *Journal of colloid and interface science*. 1996;181(1):337-40.
124. Pesse AV, Warriar GR, Dhir VK. An experimental study of the gas entrapment process in closed-end microchannels. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2005;48(25):5150-65.
125. Wang C, Dhir V. On the gas entrapment and nucleation site density during pool boiling of saturated water. *TRANSACTIONS-AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS JOURNAL OF HEAT TRANSFER*. 1993;115:670-.
126. Carey VP. *Liquid-vapor Phase Change Phenomena—An Introduction to the Thermodynamics of Vaporization and Condensation Processes in Heat Transfer Equipment*. Taylor and Francis, Bristol, PA; 1992.
127. Washburn EW. The dynamics of capillary flow. *Physical review*. 1921;17(3):273.
128. Senia ES, Marshall FJ, Rosen S. The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1971;31(1):96-103.
129. Schoeffel GJ. The EndoVac method of endodontic irrigation, part 2--efficacy. *Dentistry today*. 2008;27(1):82, 4, 6-7.
130. Tay FR, Gu L-s, Schoeffel GJ, Wimmer C, Susin L, Zhang K, et al. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *Journal of endodontics*. 2010;36(4):745-50.
131. Gao Y, Haapasalo M, Shen Y, Wu H, Li B, Ruse ND, et al. Development and validation of a three-dimensional computational fluid dynamics model of root canal irrigation. *Journal of Endodontics*. 2009;35(9):1282-7.
132. Boutsoukis 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. *International Endodontic Journal*. 2007;40(7):504-13.
133. Townsend AA. *The structure of turbulent shear flow*: Cambridge university press; 1980.
134. Boutsoukis C, Kastrinakis E, Lambrianidis T, Verhaagen B, Versluis M, Sluis L. Formation and removal of apical vapor lock during syringe irrigation: a combined experimental and Computational Fluid Dynamics approach. *International endodontic journal*. 2014;47(2):191-201.
135. Mehdipour O, Kleier D, Averbach DRE, Kleier DJ, Averbach RE. Anatomy of sodium hypochlorite accidents. *choice*. 2007;5(8):9.
136. Pasricha SK, Makkar S, Gupta P. Pressure alteration techniques in endodontics-a review of literature. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. 2015;9(3):ZE01.

137. Kahn FH, Rosenberg PA, Gliksberg J. An in vitro evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonic and subsonic handpieces and irrigating needles and probes. *Journal of Endodontics*. 1995;21(5):277-80.
138. Sedgley C, Nagel A, Hall D, Applegate B. Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. *International endodontic journal*. 2005;38(2):97-104.
139. Ram Z. Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1977;44(2):306-12.
140. Van der Sluis L, Gambarini G, Wu M, Wesselink P. 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. *International Endodontic Journal*. 2006;39(6):472-6.
141. VandeVisse JE, Brilliant JD. Effect of irrigation on the production of extruded material at the root apex during instrumentation. *Journal of Endodontics*. 1975;1(7):243-6.
142. Ruddle CJ. Endodontic disinfection. *Endodontic Practice*. 2008.
143. Goldman M, Kronman JH, Goldman LB, Clausen H, Grady J. New method of irrigation during endodontic treatment. *Journal of endodontics*. 1976;2(9):257-60.
144. Hauser V, Braun A, Frentzen M. Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo®). *International endodontic journal*. 2007;40(8):644-52.
145. Al-Hadlaq SM, Al-Turaiqi SA, Al-Sulami U, Saad AY. Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: a scanning electron microscopic study. *Journal of endodontics*. 2006;32(12):1181-4.
146. Keir DM, Senia ES, Montgomery S. Effectiveness of a brush in removing postinstrumentation canal debris. *Journal of endodontics*. 1990;16(7):323-7.
147. 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. *International Endodontic Journal*. 2008;41(1):60-71.
148. Caron G, Nham K, Bronnec F, Machtou P. Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. *Journal of endodontics*. 2010;36(8):1361-6.
149. 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. *International Endodontic Journal*. 2008;41(7):602-8.
150. Jiang L-M, Lak B, Eijsvogels LM, Wesselink P, van der Sluis LW. Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. *Journal of endodontics*. 2012;38(6):838-41.
151. Ruddle CJ. Microbrush for endodontic use. Google Patents; 2001.
152. Weise M, Roggendorf M, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R. Four methods for cleaning simulated lateral extensions of curved root canals-a SEM evaluation. *International Endodontic Journal*. 2007;40(12):991-2.
153. Garip Y, Sazak H, Gunday M, Hatipoglu S. Evaluation of smear layer removal after use of a canal brush: an SEM study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2010;110(2):e62-e6.
154. 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 Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2003;96(5):614-7.
155. Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG. Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *Journal of Endodontics*. 2002;28(12):837-9.

156. Tronstad L, Barnett F, Schwartzben L, Frasca P. Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Dental Traumatology*. 1985;1(2):69-76.
157. Merino A, Estevez R, Gregorio Cd, Cohenca N. The effect of different taper preparations on the ability of sonic and passive ultrasonic irrigation to reach the working length in curved canals. *International endodontic journal*. 2013;46(5):427-33.
158. Ahmad M, Ford TRP, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *Journal of Endodontics*. 1987;13(3):93-101.
159. 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. *Journal of Endodontics*. 1999;25(11):735-8.
160. Caron G. Cleaning efficiency of the apical millimeters of curved canals using three different modalities of irrigant activation: an SEM study. Paris: Paris VII University. 2007.
161. Van der Sluis L, Wu M, Wesselink P. The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove in the apical root canal using different irrigation methodologies. *International Endodontic Journal*. 2007;40(1):52-7.
162. Desai P, Himel V. Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *Journal of endodontics*. 2009;35(4):545-9.
163. Wiseman A, Cox TC, Paranjpe A, Flake NM, Cohenca N, Johnson JD. Efficacy of sonic and ultrasonic activation for removal of calcium hydroxide from mesial canals of mandibular molars: a microtomographic study. *Journal of endodontics*. 2011;37(2):235-8.
164. Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *Journal of Endodontics*. 2005;31(3):166-70.
165. Rödiger T, Bozkurt M, Konietschke F, Hülsmann M. Comparison of the vibringe system with syringe and passive ultrasonic irrigation in removing debris from simulated root canal irregularities. *Journal of Endodontics*. 2010;36(8):1410-3.
166. Ahmad M, Roy R, Kamarudin A. Observations of acoustic streaming fields around an oscillating ultrasonic file. *Dental Traumatology*. 1992;8(5):189-94.
167. Karatas E, Ozsu D, Arslan H, Erdogan A. Comparison of the effect of nonactivated self-adjusting file system, Vibringe, EndoVac, ultrasonic and needle irrigation on apical extrusion of debris. *International endodontic journal*. 2015;48(4):317-22.
168. Neuhaus KW, Liebi M, Stauffacher S, Eick S, Lussi A. Antibacterial Efficacy of a New Sonic Irrigation Device for Root Canal Disinfection. *Journal of endodontics*. 2016;42(12):1799-803.
169. Conde A, Estevez R, Loroño G, Valencia de Pablo Ó, Rossi-Fedele G, Cisneros R. Effect of sonic and ultrasonic activation on organic tissue dissolution from simulated grooves in root canals using sodium hypochlorite and EDTA. *International endodontic journal*. 2017;50(10):976-82.
170. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clinical Oral Investigations*. 2017:1-7.
171. Richman MJ. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *J Dent Med*. 1957;12:12-8.
172. 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.
173. ÇİÇEK AGDE, BODRUMLU E. Endodontide ultrasonikler: derleme. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2012;2012(6).
174. Lumley P, Walmsley A, Walton R, Rippin J. Effect of precurving endosonic files on the amount of debris and smear layer remaining in curved root canals. *Journal of Endodontics*. 1992;18(12):616-9.

175. Walmsley A, Murgel C, Krell K. Canal markings produced by endosonic instruments. *Dental Traumatology*. 1991;7(2):84-9.
176. Cheung G, Stock C. In vitro cleaning ability of root canal irrigants with and without endosonics. *International Endodontic Journal*. 1993;26(6):334-43.
177. Ahmad M, Ford TP, Crum L, Walton A. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic cavitation and its relevance. *Journal of Endodontics*. 1988;14(10):486-93.
178. Ahmad M, Ford TRP, Crum LA, Wilson RF. Effectiveness of ultrasonic files in the disruption of root canal bacteria. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1990;70(3):328-32.
179. Usman N, Baumgartner JC, Marshall JG. Influence of instrument size on root canal debridement. *Journal of Endodontics*. 2004;30(2):110-2.
180. Van der Sluis L, Wu MK, Wesselink P. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. *International Endodontic Journal*. 2005;38(10):764-8.
181. Harrison A, Chivatxaranukul P, Parashos P, Messer H. The effect of ultrasonically activated irrigation on reduction of *Enterococcus faecalis* in experimentally infected root canals. *International endodontic journal*. 2010;43(11):968-77.
182. Huque J, Kota K, Yamaga M, Iwaku M, Hoshino E. Bacterial eradication from root dentine by ultrasonic irrigation with sodium hypochlorite. *International Endodontic Journal*. 1998;31(4):242-50.
183. Cameron JA. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. *Journal of Endodontics*. 1987;13(11):541-5.
184. Ahmad M. Measurements of temperature generated by ultrasonic file in vitro. *Dental Traumatology*. 1990;6(5):230-1.
185. Nusstein J. Ultrasonic dental device. Google Patents; 2005.
186. Burleson A, Nusstein J, Reader A, Beck M. The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *Journal of Endodontics*. 2007;33(7):782-7.
187. Braun A, Kappes D, Krause F, Jepsen S. Efficiency of a novel rinsing device for the removal of pulp tissue in vitro. *International Endodontic Journal*. 2005;38(12):923-4.
188. Muselmani B, Kneist S, Glockmann E, editors. Antimicrobial effectiveness of hydrodynamic and conventional rinsing in root canal. Amsterdam: The Joint Meeting of the Continental European (CED) and Scandinavian (NOF) Divisions of the International Association of Dental Research (IADR); 2005.
189. Vivan RR, Bortolo MV, Duarte MAH, Moraes IGd, Tanomaru-Filho M, Bramante CM. Scanning electron microscopy analysis of RinsEndo system and conventional irrigation for debris removal. *Brazilian dental journal*. 2010;21(4):305-9.
190. Pawar R, Alqaied A, Safavi K, Boyko J, Kaufman B. Influence of an apical negative pressure irrigation system on bacterial elimination during endodontic therapy: a prospective randomized clinical study. *Journal of endodontics*. 2012;38(9):1177-81.
191. Nielsen BA, Baumgartner JC. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *Journal of endodontics*. 2007;33(5):611-5.
192. Siu C, Baumgartner JC. Comparison of the debridement efficacy of the EndoVac irrigation system and conventional needle root canal irrigation in vivo. *Journal of endodontics*. 2010;36(11):1782-5.
193. Mitchell RP, Yang S-E, Baumgartner JC. Comparison of apical extrusion of NaOCl using the EndoVac or needle irrigation of root canals. *Journal of Endodontics*. 2010;36(2):338-41.

194. Parente J, Loushine R, Susin L, Gu L, Looney SW, Weller R, et al. Root canal debridement using manual dynamic agitation or the EndoVac for final irrigation in a closed system and an open system. *International endodontic journal*. 2010;43(11):1001-12.
195. Tambe VH, Nagmode PS, Vishwas JR, Saujanya K, Angadi P, Ali FM. Evaluation of the amount of debris extruded apically by using conv-entional syringe, Endovac and ultrasonic irrigation technique: An in vitro study. *Journal of International Oral Health*. 2013;5(3):63.
196. Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. Lasers in endodontics: a review. *International Endodontic Journal*. 2000;33(3):173-85.
197. Stabholz A, Sahar-Helft S, Moshonov J. Lasers in endodontics. *Dental Clinics*. 2004;48(4):809-32.
198. Meire M, De Moor R. Lasers in endodontics: laser disinfection, an added value? *Endodontic Practice Today*. 2007;1(3).
199. De Moor R, Torbeyns D, Meire M. Lasers in endodontics. Part 2: Root canal wall cleanliness and modification. *Endodontic Practice Today*. 2009;3(1).
200. Blanken JW, Verdaasdonk RM. Cavitation as a working mechanism of the Er, Cr: YSGG laser in endodontics: a visualization study. *J Oral Laser Appl*. 2007;7(2):97-106.
201. George R, Walsh LJ. Apical extrusion of root canal irrigants when using Er: YAG and Er, Cr: YSGG lasers with optical fibers: an in vitro dye study. *Journal of Endodontics*. 2008;34(6):706-8.
202. 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.
203. De Groot S, Verhaagen B, Versluis M, Wu MK, Wesselink P, Van der Sluis L. Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization. *International Endodontic Journal*. 2009;42(12):1077-83.
204. Peeters HH, Suardita K. Efficacy of smear layer removal at the root tip by using ethylenediaminetetraacetic acid and erbium, chromium: yttrium, scandium, gallium garnet laser. *Journal of endodontics*. 2011;37(11):1585-9.
205. Amyra T, Walsh L. An assessment of techniques for dehydrating root canals using infrared laser radiation. *Australian Endodontic Journal*. 2000;26(2):78-80.
206. Walsh L. The current status of laser applications in dentistry. *Australian dental journal*. 2003;48(3):146-55.
207. Walsh L. The current status of low level laser therapy in detistry. Part 2. Hard tissue applications. *Australian dental journal*. 1997;42(5):302-6.
208. Dobson J, Wilson M. Sensitization of oral bacteria in biofilms to killing by light from a low-power laser. *Archives of oral biology*. 1992;37(11):883-7.
209. Kakehashi S, Stanley H, Fitzgerald R. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1965;20(3):340-9.
210. MÖLLER ÅJ, Fabricius L, Dahlen G, ÖHMAN AE, Heyden G. Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissue in monkeys. *European Journal of Oral Sciences*. 1981;89(6):475-84.
211. Sundqvist G. Ecology of the root canal flora. *Journal of endodontics*. 1992;18(9):427-30.
212. Molander A, Warfvinge J, Reit C, Kvist T. Clinical and radiographic evaluation of one- and two-visit endodontic treatment of asymptomatic necrotic teeth with apical periodontitis: a randomized clinical trial. *Journal of endodontics*. 2007;33(10):1145-8.
213. Wu MK, Dummer P, Wesselink P. Consequences of and strategies to deal with residual post-treatment root canal infection. *International endodontic journal*. 2006;39(5):343-56.

214. Weine FS. Endodontic therapy: Mosby; 1976.
215. Chong B, Ford TP. The role of intracanal medication in root canal treatment. *International endodontic journal*. 1992;25(2):97-106.
216. Messer H, Feigal R. A Comparison of the Antibacterial and Cytotoxic Effects of Parachlorophenoll. *Journal of dental research*. 1985;64(5):818-21.
217. Cambruzzi JV, Greenfeld RS. Necrosis of crestal bone related to the use of excessive formocresol medication during endodontic treatment. *Journal of endodontics*. 1983;9(12):565-7.
218. Pashley EL, Myers DR, Pashley DH, Whitford GM. Systemic distribution of 14C-formaldehyde from formocresol-treated pulpotomy sites. *Journal of dental research*. 1980;59(3):602-7.
219. Block RM, Lewis RD, Hirsch J, Coffey J, Langeland K. Systemic distribution of [14C]-labeled paraformaldehyde incorporated within formocresol following pulpotomies in dogs. *Journal of Endodontics*. 1983;9(5):176-89.
220. Fager FK, Messer HH. Systemic distribution of camphorated monochlorophenol from cotton pellets sealed in pulp chambers. *Journal of endodontics*. 1986;12(6):225-30.
221. Lewis BB, Chestner SB. Formaldehyde in dentistry: a review of mutagenic and carcinogenic potential. *The Journal of the American Dental Association*. 1981;103(3):429-34.
222. Sipes R, Binkley C. The use of formocresol in dentistry: a review of the literature. *Quintessence international* (Berlin, Germany: 1985). 1986;17(7):415.
223. Koontongkaew S, Silapichit R, Thaweboon B. Clinical and laboratory assessments of camphorated monochlorophenol in endodontic therapy. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1988;65(6):757-62.
224. Messer HH, Chen R-S. The duration of effectiveness of root canal medicaments. *Journal of Endodontics*. 1984;10(6):240-5.
225. Tronstad L, Yang ZP, Trope M, Barnett F, Hammond B. Controlled release of medicaments in endodontic therapy. *Dental Traumatology*. 1985;1(4):130-4.
226. Barnett F, Trope M, Kreshtool D, Tronstad L. Suitability of controlled release delivery system for root canal disinfection. *Dental Traumatology*. 1986;2(2):71-4.
227. Tronstad L, Barnett F, Londono A, Drozd E, Sloan W, Russo E. Clinical efficacy of an endodontic antiseptic in a controlled release delivery system. *Endod Dent Traumatol*. 1988;4:79-81.
228. Sjögren U, Figdor D, Spångberg L, Sundqvist G. The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short-term intracanal dressing. *International endodontic journal*. 1991;24(3):119-25.
229. 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.
230. Stevens RH, Grossman LI. Evaluation of the antimicrobial potential of calcium hydroxide as an intracanal medicament. *Journal of Endodontics*. 1983;9(9):372-4.
231. Barker B, Lockett B. Experiments using a glucocorticosteroid/antibiotic paste in infected dog root canals. *International Endodontic Journal*. 1971;5(3):60-8.
232. Abbott PV, Heithersay GS, Hume WR. Release and diffusion through human tooth roots in vitro of corticosteroid and tetracycline trace molecules from Ledermix® paste. *Dental Traumatology*. 1988;4(2):55-62.
233. 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. *International endodontic journal*. 1996;29(2):118-24.
234. Windley W, Teixeira F, Levin L, Sigurdsson A, Trope M. Disinfection of immature teeth with a triple antibiotic paste. *Journal of endodontics*. 2005;31(6):439-43.

235. Torneck C. Therapeutic armamentarium. *Clinical dentistry*. 1976;4:4-5.
236. Engström B, Spångberg L. V. Toxic and antimicrobial effects of antiseptics in vitro. *Svensk tandläkare tidskrift Swedish dental journal*. 1969;62(9):543.
237. Spångberg L, Rutberg M, Rydinge E. Biologic effects of endodontic antimicrobial agents. *Journal of Endodontics*. 1979;5(6):166-75.
238. Treanor HF, Goldman M. Bactericidal efficiency of intracanal medications. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1972;33(5):791-6.
239. Hermann B. Calcium hydroxid als Mittelzurn, Behandeln und Fullen von Wurzelkanalen [thesis]. Germany: University of Würzburg. 1920.
240. Hasselgren G, Olsson B, Cvek M. Effects of calcium hydroxide and sodium hypochlorite on the dissolution of necrotic porcine muscle tissue. *Journal of Endodontics*. 1988;14(3):125-7.
241. Andersen M, Lund A, Andreasen J, Andreasen F. In vitro solubility of human pulp tissue in calcium hydroxide and sodium hypochlorite. *Dental Traumatology*. 1992;8(3):104-8.
242. Tronstad L. Root resorption—etiology, terminology and clinical manifestations. *Dental Traumatology*. 1988;4(6):241-52.
243. Foreman P, Barnes I. A review of calcium hydroxide. *International Endodontic Journal*. 1990;23(6):283-97.
244. Spangberg 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.
245. Gordon TM, Ranly DM, Boyan BD. The effects of calcium hydroxide on bovine pulp tissue: variations in pH and calcium concentration. *Journal of endodontics*. 1985;11(4):156-60.
246. Safavi KE, Nichols FC. Effect of calcium hydroxide on bacterial lipopolysaccharide. *Journal of endodontics*. 1993;19(2):76-8.
247. Safavi KE, Nichols FC. Alteration of biological properties of bacterial lipopolysaccharide by calcium hydroxide treatment. *Journal of Endodontics*. 1994;20(3):127-9.
248. Barthel C, Levin L, Reisner HM, Trope M. TNF- α release in monocytes after exposure to calcium hydroxide treated *Escherichia coli* LPS. *International endodontic journal*. 1997;30(3):155-9.
249. Estrela C, PESCE HF. Chemical Analysis of the Formation of Calcium Carbonate and its Influence on Calcium Hydroxide Pastes in Connective Tissue of the Dog-Part II. *Braz Dent J*. 1997;8(1):49-53.
250. Safavi KE, Spngberg LS, Langeland K. Root canal dentinal tubule disinfection. *Journal of Endodontics*. 1990;16(5):207-10.
251. Stuart KG, Miller CH, Brown CE, Newton CW. The comparative antimicrobial effect of calcium hydroxide. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1991;72(1):101-4.
252. Estrela C, Pimenta FC, Ito IY, Bammann LL. In vitro determination of direct antimicrobial effect of calcium hydroxide. *Journal of Endodontics*. 1998;24(1):15-7.
253. Cvek M, Granath L-E, Hollender L. Treatment of non-vital permanent incisors with calcium hydroxide. 3. Variation of occurrence of ankylosis of reimplanted teeth with duration of extra-alveolar period and storage environment. *Odontologisk revy*. 1974;25(1):43.
254. Baker NE, Liewehr FR, Buxton TB, Joyce AP. Antibacterial efficacy of calcium hydroxide, iodine potassium iodide, betadine, and betadine scrub with and without surfactant against *E faecalis* in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2004;98(3):359-64.


255. Siqueira JF, de Uzeda M. Disinfection by calcium hydroxide pastes of dentinal tubules infected with two obligate and one facultative anaerobic bacteria. *Journal of Endodontics*. 1996;22(12):674-6.
256. Fava L, Saunders W. Calcium hydroxide pastes: classification and clinical indications. *International endodontic journal*. 1999;32(4):257-82.
257. Gomes BPFdA, Ferraz CCR, Vianna ME, Rosalen PL, Zaia AA, Teixeira FB, et al. In vitro antimicrobial activity of calcium hydroxide pastes and their vehicles against selected microorganisms. *Brazilian dental journal*. 2002;13(3):155-61.
258. Chirife J, Herszage L, Joseph A, Bozzini J, Leardini N, Kohn E. In vitro antibacterial activity of concentrated polyethylene glycol 400 solutions. *Antimicrobial agents and chemotherapy*. 1983;24(3):409-12.
259. Athanassiadis B, Abbott P, Walsh LJ. The use of calcium hydroxide, antibiotics and biocides as antimicrobial medicaments in endodontics. *Australian dental journal*. 2007;52(s1):S64-S82.
260. Cohen S, Burns R. *Pathways of the pulp* 8th ed. St Louis Mosby. 2002;2.
261. Margelos J, Eliades G, Verdellis C, Palaghias G. Interaction of calcium hydroxide with zinc oxide-eugenol type sealers: a potential clinical problem. *Journal of Endodontics*. 1997;23(1):43-8.
262. Hosoya N, Kurayama H, Iino F, Arai T. Effects of calcium hydroxide on physical and sealing properties of canal sealers. *International endodontic journal*. 2004;37(3):178-84.
263. Kontakiotis E, Wu MK, Wesselink P. Effect of sealer thickness on long-term sealing ability: a 2-year follow-up study. *International Endodontic Journal*. 1997;30(5):307-12.
264. Lambrianidis T, Margelos J, Beltes P. Removal efficiency of calcium hydroxide dressing from the root canal. *Journal of Endodontics*. 1999;25(2):85-8.
265. Nandini S, Velmurugan N, Kandaswamy D. Removal efficiency of calcium hydroxide intracanal medicament with two calcium chelators: volumetric analysis using spiral CT, an in vitro study. *Journal of Endodontics*. 2006;32(11):1097-101.
266. Lambrianidis T, Kosti E, Boutsoukis C, Mazinis M. Removal efficacy of various calcium hydroxide/chlorhexidine medicaments from the root canal. *International Endodontic Journal*. 2006;39(1):55-61.
267. Wu M, Sluis L, Wesselink P. The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals. *International endodontic journal*. 2003;36(3):218-24.
268. Kenee DM, Allemang JD, Johnson JD, Hellstein J, Nichol BK. A quantitative assessment of efficacy of various calcium hydroxide removal techniques. *Journal of endodontics*. 2006;32(6):563-5.
269. Mohammadi Z, Dummer PMH. Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *International endodontic journal*. 2011;44(8):697-730.
270. Conde A, Estevez R, Loroño G, Valencia de Pablo Ó, Rossi-Fedele G, Cisneros R. Effect of sonic and ultrasonic activation on organic tissue dissolution from simulated grooves in root canals using sodium hypochlorite and EDTA. *International endodontic journal*. 2016.
271. Lee SJ, Wu MK, Wesselink P. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *International Endodontic Journal*. 2004;37(9):607-12.
272. De Gregorio C, Arias A, Navarrete N, Del Rio V, Oltra E, Cohenca N. Effect of apical size and taper on volume of irrigant delivered at working length with apical negative pressure at different root curvatures. *Journal of endodontics*. 2013;39(1):119-24.

273. Schmidt TF, Teixeira CS, Felipe MC, Felipe WT, Pashley DH, Bortoluzzi EA. Effect of ultrasonic activation of irrigants on smear layer removal. *Journal of endodontics*. 2015;41(8):1359-63.
274. Sáinz-Pardo M, Estevez R, Pablo ÓVd, Rossi-Fedele G, Cisneros R. Root canal penetration of a sodium hypochlorite mixture using sonic or ultrasonic activation. *Brazilian dental journal*. 2014;25(6):489-93.
275. Shuping GB, Ørstavik D, Sigurdsson A, Trope M. Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. *Journal of endodontics*. 2000;26(12):751-5.
276. RICUCCI D, Langeland K. Incomplete calcium hydroxide removal from the root canal: a case report. *International endodontic journal*. 1997;30(6):418-21.
277. Böttcher DE, Hirai VH, Neto UXDS, Grecca FS. Effect of calcium hydroxide dressing on the long-term sealing ability of two different endodontic sealers: an in vitro study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2010;110(3):386-9.
278. Shipper G, Ørstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *Journal of Endodontics*. 2004;30(5):342-7.
279. Siqueira JF, Rças IN, Valois CR. Apical sealing ability of five endodontic sealers. *Australian Endodontic Journal*. 2001;27(1):33-5.
280. Onoda HK, Guerisoli DMZ, Zárate P, Delben ÂAST, Pereira KFS, Yoshinari GH. A persistência de diferentes pastas medicamentosas à base de hidróxido de cálcio em canais radiculares: estudo por MEV. *Dent press endod*. 2011:77-81.
281. Rödig T, Vogel S, Zapf A, Hülsmann M. Efficacy of different irrigants in the removal of calcium hydroxide from root canals. *International endodontic journal*. 2010;43(6):519-27.
282. Topçuoğlu H, Düzgün S, Ceyhanlı K, Aktı A, Pala K, Kesim B. Efficacy of different irrigation techniques in the removal of calcium hydroxide from a simulated internal root resorption cavity. *International endodontic journal*. 2015;48(4):309-16.
283. Khaleel HY, Al-Ashaw AJ, Yang Y, Pang A-h, Ma J-z. Quantitative comparison of calcium hydroxide removal by EndoActivator, Ultrasonic and ProTaper File Agitation Techniques: An in vitro study. *Journal of Huazhong University of Science and Technology [Medical Sciences]*. 2013;33(1):142-5.
284. Alturaiki S, Lamphon H, Edrees H, Ahlquist M. Efficacy of 3 different irrigation systems on removal of calcium hydroxide from the root canal: a scanning electron microscopic study. *Journal of endodontics*. 2015;41(1):97-101.
285. Rödig T, Hirschleb M, Zapf A, Hülsmann M. Comparison of ultrasonic irrigation and RinsEndo for the removal of calcium hydroxide and Ledermix paste from root canals. *International endodontic journal*. 2011;44(12):1155-61.
286. Taşdemir T, Celik D, Er K, Yildirim T, Ceyhanli K, Yeşilyurt C. Efficacy of several techniques for the removal of calcium hydroxide medicament from root canals. *International endodontic journal*. 2011;44(6):505-9.
287. Wu MK, Wesselink P. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *International Endodontic Journal*. 2001;34(2):137-41.
288. De-Deus G, Garcia-Filho P. Influence of the NiTi rotary system on the debridement quality of the root canal space. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2009;108(4):e71-e6.
289. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1984;58(5):589-99.
290. Byström A, Sunqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International endodontic journal*. 1985;18(1):35-40.

291. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PM. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic topics*. 2005;10(1):30-76.
292. Paqué F, Al-Jadaa A, Kfir A. Hard-tissue debris accumulation created by conventional rotary versus self-adjusting file instrumentation in mesial root canal systems of mandibular molars. *International endodontic journal*. 2012;45(5):413-8.
293. Justo AM, da Rosa RA, Santini MF, Ferreira MBC, Pereira JR, Duarte MAH, et al. Effectiveness of final irrigant protocols for debris removal from simulated canal irregularities. *Journal of endodontics*. 2014;40(12):2009-14.
294. Uroz-Torres D, González-Rodríguez MP, Ferrer-Luque CM. Effectiveness of the EndoActivator System in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Journal of Endodontics*. 2010;36(2):308-11.
295. Mancini M, Cerroni L, Iorio L, Armellini E, Conte G, Cianconi L. 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. *Journal of endodontics*. 2013;39(11):1456-60.
296. Van Der Sluis L, Wu MK, Wesselink P. 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. *International Endodontic Journal*. 2005;38(9):593-6.
297. Flynn H. Physics of acoustic cavitation in liquids. *Physical acoustics*. 1964;1(Part B):57-172.
298. Macedo R, Verhaagen B, Rivas DF, Versluis M, Wesselink P, Van Der Sluis L. Cavitation measurement during sonic and ultrasonic activated irrigation. *Journal of endodontics*. 2014;40(4):580-3.
299. Jiang L-M, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LW. Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *Journal of endodontics*. 2010;36(1):143-6.
300. <https://www.vdw-dental.com/fileadmin/Dokumente/Sortiment/Spuelung/Eddy/VDW-Dental-EDDY-product-brochure-EN.pdf>.
301. Castagnola R, Lajolo C, Minciocchi I, Cretella G, Foti R, Marigo L, et al. Efficacy of three different irrigation techniques in the removal of smear layer and organic debris from root canal wall: a scanning electron microscope study. *Giornale Italiano di Endodonzia*. 2014;28(2):79-86.
302. Çapar İD, Ari Aydinbelge H. Effectiveness of various irrigation activation protocols and the self-adjusting file system on smear layer and debris removal. *Scanning*. 2014;36(6):640-7.
303. Nair UP, Natera M, Kosco K, Pillai P, Varella CH, Pileggi R. COMPARATIVE EVALUATION OF THREE DIFFERENT IRRIGATION ACTIVATION ON DEBRIS REMOVAL FROM ROOT CANAL SYSTEMS. *Romanian Journal of Stomatology*. 2011;57(1).
304. Binkley SW. AN IN-VITRO SEM STUDY COMPARING THE DEBRIDEMENT EFFICACY OF THE ENDOACTIVATOR™ SYSTEM VERSUS THE ULTRASONIC BYPASS™ SYSTEM FOLLOWING HAND-ROTARY INSTRUMENTATION 2010.
305. Hameed MR, Hussein HA. A Study to Compare the Cleaning Efficiency of Different Irrigation Systems for Macro Debris Removal in Instrumented Canals: An in Vitro Study. *Journal of Baghdad College of Dentistry*. 2015;27(2):11-6.
306. 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. *Journal of endodontics*. 2010;36(8):1367-71.

307. Rödiger T, Döllmann S, Konietzschke F, Drebenstedt S, Hülsmann M. Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. *Journal of endodontics*. 2010;36(12):1983-7.
308. De Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Paranjpe A, Cohenca N. Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: an in vitro study. *Journal of endodontics*. 2010;36(7):1216-21.
309. Boutsoukias C, Tzimpoulas N. Uncontrolled removal of dentin during in vitro ultrasonic irrigant activation. *Journal of endodontics*. 2016;42(2):289-93.
310. Retsas A, Koursoumis A, Tzimpoulas N, Boutsoukias C. Uncontrolled removal of dentin during in vitro ultrasonic irrigant activation in curved root canals. *Journal of endodontics*. 2016;42(10):1545-9.
311. https://www.kometdental.de/~media/KometDental/Brochures/SyncFolder/410357_pdf.pdf?eb1c2c95-9cf4-4245-b95c-bb2d80328f78. 2017.
312. Salman M, Baumann M, Hellmich M, Roggendorf M, Termaat S. SEM evaluation of root canal debridement with Sonicare CanalBrush irrigation. *International endodontic journal*. 2010;43(5):363-9.
313. 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.
314. Ma J, Shen Y, Al-Ashaw A, Khaleel H, Yang Y, Wang Z, et al. Micro-computed tomography evaluation of the removal of calcium hydroxide medicament from C-shaped root canals of mandibular second molars. *International endodontic journal*. 2015;48(4):333-41.

11. EKLER


IZMİR
KATİP ÇELEBİ
ÜNİVERSİTESİ

IZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU
(Izmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi 35360 Karabağlar / İZMİR
Tel:0 232 245 04 38 --- 0 232 244 44 44 / 1234 Fax: 0 232 245 04 38 E-posta ikeetik2@gmail.com)

Yrd. Doç. Dr. Emrah KARATAŞLIOĞLU
Izmir Katip Çelebi Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti ABD

Karar No: 61
Tarih : 22.03.2017

Izmir Katip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti ABD öğretim görevlisi Yrd. Doç. Dr. Emrah KARATAŞLIOĞLU sorumluluğunda yapılması planlanan “3 Farklı Sonik Aktivasyon Sisteminin Kök Kanallarında Standardize Yapay Oluklardan Debris ve Kalsiyum Hidroksit Uzaklaştırma Etkinliklerinin Karşılaştırılması” adlı araştırma başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup, çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakına **bulunmadığına** toplantıya katılan etik kurul üyelerinin **oy birliği** ile karar verilmiştir.

Doç. Dr. Orhan GÖKALP
Izmir Kâtip Çelebi Üniversitesi
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar
Etik Kurulu Başkanı

Sayfa 1

Ek 1: Etik kurul onay belgesi (Türkçe)



İZMİR KÂTİP ÇELEBİ UNIVERSITY
NON-INTERVENTIONAL CLINICAL STUDIES
INSTITUTIONEL REVIEW BOARD

To _____ : Emrah KARATAŞLIOĞLU, MD

From _____ : Assoc. Prof. Orhan GÖKALP, MD, Chair

Date _____ : 22.03.2017

IRB # _____ : 61

Study Title : COMPARISON OF THREE DIFFERENT SONIC ACTIVATION SYSTEMS IN REMOVING DEBRIS AND CALCIUM HYDROXIDE FROM ARTIFICIAL STANDARDIZED GROOVES IN ROOT CANALS.

At its board meeting **22.03.2017** your submission for the above referenced research study has received review and approval from İzmir Kâtip Celebi Non-Interventional Clinical Studies Institutional Review Board.

Assoc. Prof. Orhan GÖKALP
Chair

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi 35360 Karabağlar / İZMİR / TÜRKİYE
Tel: 0 232 245 04 38 - 0 232 244 44 44 / 1234
Fax: 0 232 245 04 38
E-posta: ikcetk2@gmail.com

Ek 2: Etik kurul onay belgesi (İngilizce)

12. ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında İzmir’de dünyaya geldim. 2013 yılında Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’nden mezun oldum. 2014 yılında İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’nde Endodonti Anabilim Dalı’nda uzmanlık eğitimine başladım.

