



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**FARKLI İRRİGASYON AKTİVASYON SİSTEMLERİNİN KALSİYUM
HİDROKSİTİN KANALDAN UZAKLAŞTIRILMASINDAKİ
ETKİNLİĞİNİN TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU İLE
İNCELENMESİ**

OKAN UYSAL
UZMANLIK TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
PROF. DR. HESNA SAZAK ÖVEÇOĞLU

2019-İSTANBUL



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**FARKLI İRRİGASYON AKTİVASYON SİSTEMLERİNİN KALSİYUM
HİDROKSİTİN KANALDAN UZAKLAŞTIRILMASINDAKİ
ETKİNLİĞİNİN TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU İLE
İNCELENMESİ**

OKAN UYSAL
UZMANLIK TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
PROF. DR. HESNA SAZAK ÖVEÇOĞLU

2019-İSTANBUL

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Okan UYSAL

08.04.2019

TEŞEKKÜR

Mesleki bilgisi ile bana yol gösteren, desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Hesna SAZAK ÖVEÇOĞLU' na

Taramalı Elektron Mikroskobu çalışmalarımız için bize İTÜ Kimya-Metalurji Fakültesinde laboratuvar desteği sunan ve bilgileriyle bize her zaman yol gösteren Prof. Dr. M. Lütfi ÖVEÇOĞLU' na

Akademik deneyimleri ve tecrübesiyle uzmanlık eğitimime büyük katkı sağlayan Prof. Dr. Mahir GÜNDAY' a,

Klinik olarak tüm zorluklarda bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen hocalarım Dr. Öğretim Üyesi Dilek TÜRKAYDIN, Doç. Dr. Fatıma Betül BAŞTÜRK, Doç. Dr. Emre İRİBOZ ve Prof. Dr. Nimet GENÇOĞLU' na

Hayatımı kolaylaştırma konusunda bana büyük katkıları olan Uzm. Dt. Betül Aycan ALİM' e,

Benimle birlikte bu yolda yürüyen çok sevgili kıdem arkadaşlarım Arş. Gör. Dt. Yiğitcan Candaner, Arş. Gör. Dt. Oksana Oturgan' a

Pozitif enerjileriyle günümü güzelleştiren çalışma arkadaşlarım Arş. Gör. Dt. Alparslan Eren Karasu, İlper Çalışkan, Emrullah Öztürk, Fatma Miminovska' ya

Yoğun çalışma temposunda bana destek olan, sabır gösteren ve desteklerini hep hissettiren bütün asistan arkadaşlarıma,

Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen ailem İsmail UYSAL, Bakiye UYSAL, Volkan UYSAL, Bahriye UYSAL ve Kerem Alp UYSAL' a

En içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı tarafından SAG-C-DUP-110618-0297 numaralı proje ile desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

BEYAN.....	i
TEŞEKKÜR.....	ii
PROJE DESTEĞİ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
RESİMLER LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	1
SUMMARY.....	2
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	3
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1 Smear Tabakası.....	4
2.2. İrrigasyon.....	5
2.2.1. İrrigasyon Solusyonları.....	6
2.2.1.1. Sodyum Hipoklorit.....	8
2.2.1.2. Şelasyon Ajanları- EDTA.....	11
2.2.1.3. Klorheksidin diglukonat.....	13
2.2.2. Solusyonlar arası etkileşimler.....	14
2.2.3. Dentin erozyonu.....	14
2.2.4. İrrigasyon Cihazları ve Teknikleri.....	15
2.2.5. İrrigasyon Solusyonlarının Aktivasyonu.....	17
2.3. Kanal İçi Medikamentler.....	27
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	33
3.1. Örneklerin Seçimi ve Hazırlanması.....	33
3.2. Kalsiyum Hidroksit Uzaklaştırma.....	36

3.3 SEM Cihazı İçin Örneklerin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi.....	40
3.4 Skolama ve İstatiksel Analiz.....	42
4. BULGULAR.....	46
4.1. İrrigasyon Aktivasyon Yöntemlerine Göre Bulgular.....	46
4.2. Kesit Seviyelerine Göre Bulgular.....	48
4.3. Koronal Üçlüye Ait Bulgular.....	49
4.4. Orta Üçlüye Ait Bulgular.....	51
4.5. Apikal Üçlüye Ait Bulgular.....	53
4.6. İrrigasyon İğnesi Grubuna Ait Bulgular.....	55
4.7. EndoAktivator Grubuna Ait Bulgular.....	57
4.8. Pasif Ultrasonik Aktivasyon Grubuna Ait Bulgular.....	58
4.9. EDDY Grubuna Ait Bulgular.....	60
4.10. XP-Endo Finisher Grubuna Ait Bulgular.....	61
5. TARTIŞMA.....	63
6. SONUÇ.....	69
7. KAYNAKÇA.....	70
8. EKLER.....	101
8.1. Etik Kurul Onayı.....	101
9. ÖZGEÇMİŞ.....	102

KISALTMALAR VE SİMGELER

Ca ⁺	Kalsiyum iyonu
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
Ca(OH) ₂	Kalsiyum hidroksit
CO ₂	Karbondioksit
CO ₃ ⁻	Karbonat iyonu
EDTA	Etilen Diamin Tetraasetik Asit
<i>E.faecalis</i>	<i>Enterococcus Faecalis</i>
HOCl	Hipokloröz asit
LPS	Lipopolisakarit
Mikro-BT	Mikro bilgisayarlı tomografi
Na ⁺	Sodyum iyonu
NaOCl	Sodyum hipoklorit
SEM	Taramalı elektron mikroskopu
OCl ⁻	Hipoklorit iyonu
TNF- α	Tumor nekroz faktör- α
FTS	Fizyolojik tuzlu su
CHX	Klorheksidin
ClO ₂	Klorindioksit
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
SC	SmearClear

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntemlerine göre kök kanallarında bulunan kalsiyum hidroksit kalıntıları

Şekil 2. Koronal, orta ve apikal üçlüye göre kök kanallarında bulunan kalsiyum hidroksit kalıntıları

Şekil 3. Koronal üçlü seviyesinden alınan görüntülerde, kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem grupları ve kalsiyum hidroksit kalıntısı ilişkisi

Şekil 4. Orta üçlü seviyesinden alınan görüntülerde, kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem grupları ve kalsiyum hidroksit kalıntısı ilişkisi

Şekil 5. Apikal üçlü seviyesinden alınan görüntülerde, kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem grupları ve kalsiyum hidroksit kalıntısı ilişkisi

Şekil 6. İrrigasyon iğnesi kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdesi arasındaki ilişki

Şekil 7. Endoaktivatör kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdesi arasındaki ilişki

Şekil 8. PUI kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdesi arasındaki ilişki

Şekil 9. EDDY kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdesi arasındaki ilişki

Şekil 10. XP-Endo Finisher kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdesi arasındaki ilişki

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1. Kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntemlerine göre kök kanallarında bulunan kalsiyum hidroksit kalıntılarının miktarları

Tablo 2. Kesit seviyelerine göre kök kanallarında bulunan kalsiyum hidroksit kalıntıları

Tablo 3. Koronal üçlü seviyesinden alınan görüntülerde, kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem gruplarına göre kalsiyum hidroksit kalıntı miktarları

Tablo 4. Orta üçlü seviyesinden alınan görüntülerde, kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem grupları arasında kalsiyum hidroksit kalıntı miktarları

Tablo 5. Apikal üçlü seviyesinden alınan görüntülerde, kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem grupları arasında kalsiyum hidroksit kalıntı miktarları

Tablo 6. Irrigasyon iğnesi kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdeleri arasındaki ilişki

Tablo 7. Endoaktivatör kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdeleri arasındaki ilişki

Tablo 8. PUI kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdeleri

Tablo 9. EDDY kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdeleri arasındaki ilişki

Tablo 10. XP-Endo Finisher kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdeleri arasındaki ilişki

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1. #10 K tipi el eğesi, Protaper Next #X1 ve #X2 kanal eğeleri

Resim 2. X-Smart Plus Endodontik Motor

Resim 3. Toz kalsiyum hidroksit ve likidi

Resim 4. 30 gauge yandan perfore irrigasyon iğnesi ve 2 ml dental enjektör

Resim 5. Endoaktivatör cihazı ve 25.04 aktivasyon ucu

Resim 6. Ultrasonik İrrigasyon Cihazı

Resim 7. Sonik cihaza sabitlenmiş poliamid yapıdaki Eddy aktivasyon ucu

Resim 8: Endodontik motor ile kullanılan XP-endo Finisher eğesi

Resim 9. Örneklerin platin-altın tabaka ile kaplanmamış (A) ve kaplanmış (B) hali

Resim 10. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Cihazı

Resim 11. Farklı örneklere ait 20X büyütme altındaki SEM görüntüleri

Resim 12. Skor 0 olarak değerlendirilen örneğe ait 500X büyütme altındaki SEM görüntüsü

Resim 13. Skor 1 olarak değerlendirilen örneğe ait 500X büyütme altındaki SEM görüntüsü

Resim 14. Skor 2 olarak değerlendirilen örneğe ait 500X büyütme altındaki SEM görüntüsü

Resim 15. Skor 3 olarak değerlendirilen örneğe ait 500X büyütme altındaki SEM görüntüsü

Farklı İrrigasyon Aktivasyon Sistemlerinin Kalsiyum Hidroksitin Kanaldan Uzaklaştırılmasındaki Etkinliğinin Taramalı Elektron Mikroskobu ile İncelenmesi

Arş. Gör. Dt. Okan UYSAL

Prof. Dr. Hesna SAZAK ÖVEÇOĞLU

Endodonti Anabilim Dalı

ÖZET

Amaç: Kalsiyum hidroksitin, bir çok olumlu özelliğine rağmen son çalışmalarda, tamamen kök kanalından uzaklaştırılması gerektiği savunulmuştur. Bugüne kadar, kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılması için hangi yöntemin daha etkili olduğu konusunda bir fikir birliği yoktur. Kök kanallarından kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılabilmesi için çeşitli teknikler geliştirmiştir. Bu çalışmanın amacı; farklı irrigasyon aktivasyon sistemlerinin kök kanallarının apikal, orta ve koronal kısımlarındaki kalsiyum hidroksiti uzaklaştırma etkinliklerinin taramalı elektron mikroskobunda (SEM) incelenmesidir.

Gereç ve Yöntem: Kök kanallarına uygulanan kalsiyum hidroksit, farklı irrigasyon aktivasyon yöntemleri kullanılarak kanal içerisinden uzaklaştırılmıştır. Bu gruplar: irrigasyon iğnesi (Grup 1), Endoaktivatör (Grup 2), pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) (Grup 3), Sonik aktivasyon EDDY (Grup 4), XP-endo Finisher (Grup 5). Her grupta 15 adet olmak üzere toplamda 75 adet alt premolar diş kullanılmıştır. Her numunede incelenen alanın standardize edilmesi için, SEM merkez ışını, 20X büyütme altında operatör tarafından kök kanalının apikal, orta ve koronal uçlülerinin merkezlerine yönlendirilmiştir. Bu aşamadan sonra büyütme 500X'e çıkarılmıştır ve kanal duvarındaki kalan $Ca(OH)_2$ miktarını değerlendirmek için SEM görüntülerinden yararlanılmıştır.

Bulgular ve Sonuçlar: Kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem grupları ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdesi arasındaki ilişki değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Kök kanallarından kalsiyum hidroksiti kalıntı bırakmadan uzaklaştıran en etkili yöntemin XP-endo Finisher olduğu görülmüştür. Diğer yöntemler sırasıyla EDDY, Endoaktivatör, PUI ve geleneksel irrigasyon iğnesidir. Kesit seviyelerine göre kök kanallarında bulunan kalsiyum hidroksit kalıntıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamasa da, örnekler arasında en az kalıntı bulunan kök kesiti koronal üçlüdür.

Anahtar Kelimeler: kalsiyum hidroksit uzaklaştırma, sonik aktivasyon, EDDY, pasif ultrasonik irrigasyon

Investigation of the Effect of Different Irrigation Activation Systems on the Removal of Calcium Hydroxide from the Root Canal by Scanning Electron Microscopy

Res. Asst. Okan UYSAL

Prof. Dr. Hesna SAZAK ÖVEÇOĞLU

Department of Endodontics

SUMMARY

Objective: Although calcium hydroxide has many positive properties, it has been emphasized that it should be removed completely from the root canal. To date, there is no consensus on which method is more effective to remove calcium hydroxide. Various techniques have been developed to remove calcium hydroxide from root canals. The aim of this study is investigation of the effect of different irrigation activation systems on the removal of calcium hydroxide from the root canal by scanning electron microscopy (SEM).

Materials and Methods: Calcium hydroxide dressed to the root canals was removed from the root canals using different irrigation activation methods. These groups are: irrigation needle (Group 1), EndoActivator (Group 2), passive ultrasonic irrigation (Group 3) (PUI), Sonic activation Eddy (Group 4), XP-endo Finisher (Group 5). A total of 75 mandibular premolar teeth were used (15 teeth in each group). In each sample, the SEM center beam was directed to the centers of the apical, middle, and coronal third of the root canal by the operator under 20X magnification. Then, the magnification was increased to 500X and SEM images were used to evaluate the amount of Ca (OH)₂ on the root canal wall.

Results and Results: A statistically significant relationship was found between the irrigation activation groups and the percentage of calcium hydroxide residues. The most effective method to remove calcium hydroxide from root canals was XP-endo Finisher. Other methods were EDDY, EndoActivator, PUI and conventional irrigation needle, respectively. Although there was no statistically significant difference between the calcium hydroxide residues according to cross-sectional levels of the root canal, the least calcium hydroxide residues was coronal third among all sections.

Keywords: calcium hydroxide removal, sonic activation, EDDY, passive ultrasonic irrigation

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Pulpa ve periapikal doku hastalıklarının patogeneğinde mikroorganizmalar önemli rol oynamaktadır (Kakehashi ve ark., 1965; Möller ve ark., 1981; Sundqvist, 1992). Tüm kök kanal tedavisi prosedürlerinin temel amacı; vital ve nekrotik pulpa artıklarının, mikroorganizmaların, mikrobiyal toksinlerin; mekanik şekillendirme, irrigasyon ve lokal olarak uygulanan medikamentler yoluyla gerçekleştirilen kimyasal dezenfeksiyon yaklaşımları ile kök kanalından elimine edilmesidir (Sirén ve ark., 2004; Haapasalo ve ark., 2010). Ancak, mevcut enstrümantasyon teknikleri arasında hiçbiri tamamen temizlenmiş bir kök kanal sistemi sağlayamamaktadır (Hulsmann ve ark., 2005). Bu nedenle kök kanallarının dezenfeksiyonunu sağlamak için kanal içi ilaçların kullanımı savunulmuştur (Hulsmann ve ark., 2005; Grecca ve ark., 2001; Tanomaru-Filho ve ark., 2002). En sık kullanılan kanal içi ilaç, endodontik patojenlerin çoğuna karşı antibakteriyel etkinliği nedeniyle kalsiyum hidroksittir (Siqueira ve Lopes, 1999).

Kalsiyum hidroksitin, bir çok olumlu özelliğinin yanı sıra çalışmalarda, dolum öncesinde tamamen kök kanalından uzaklaştırılması gerektiği savunulmuştur (Lambrianidis ve ark., 2006). Bugüne kadar, kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılması için hangi yöntemin daha etkili olduğu konusunda bir fikir birliği yoktur. Kök kanallarından kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılabilmesi için çeşitli teknikler geliştirilmiştir (Lambrianidis ve ark., 2006; Calt ve Serper, 1999; Van der Sluis ve ark., 2007; Taşdemir ve ark., 2011; Khaleel ve ark., 2013; Tahan ve ark., 2015).

Bu çalışmanın amacı; Endoaktivatör, geleneksel irrigasyon iğnesi, pasif ultrasonik irrigasyon (PUI), sonik aktivasyon EDDY (EDDY; VDW, Münih, Almanya), XP-endo Finisher (FKG, Dentaire SA La Chaux-de-Fonds, İsviçre) sistemlerinin kök kanallarının apikal, orta ve koronal kısımlarındaki kalsiyum hidroksiti uzaklaştırma etkinliklerinin taramalı elektron mikroskopunda (SEM) incelenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 SMEAR TABAKASI

Smear tabakası, kavite preparasyonu sırasında veya kök kanal enstrümantasyonu sonrasında oluşan organik ve inorganik madde kalıntılarıdır. Dentin yüzeyini örterek tübüllerin ağzının tıkanmasına neden olmaktadır. Bu tabakanın, kök kanal dolgularının dentin tübüllerine penetre olmasını engellediği düşünülmektedir (Violich ve Chandler, 2010). Smear tabakasının varlığı, ilk olarak 1970 yılında bildirilmiştir (Eick ve ark., 1970). Kök kanallarının şekillendirilmesi aşamasında oluşan smear tabakasının uzaklaştırılması veya mevcut haliyle korunması konusu araştırılmıştır (Drake ve ark., 1994; Shahravan ve ark., 2007). Smear tabakasının bakteri kolonizasyonuna uygun bir ortam olmadığı, bakteriyel metabolitlere karşı bir bariyer görevi gördüğü ve tübüllerin bakteri istilasına engel olduğu (Vojinovic ve ark., 1973; Diamond ve Carrel, 1983; Michelich ve ark., 1980) görüşlerine rağmen, mikroorganizmaların smear tabakası içinde yaşayabildikleri (Bra ve Nyborg, 1973; Baker ve ark., 1975; Yamada ve ark., 1983), dentin tübüllerinin derinliklerine doğru ilerleyebildikleri (Meryon ve ark., 1986; Meryon ve ark., 1987; Olgart ve ark., 1974; Akpata ve Blechman, 1982) ve smear tabakasının bakteri ürünleri için bir depo görevi gördüğü, hayatta kalan bakterilerin kanalı tekrar enfekte edebildiği gösterilmiştir (Pashley, 1983).

Smear tabakasının uzaklaştırılmasının gerekliliği ve tedaviye sağlayacağı faydalar şu şekilde sıralanabilir;

1. Büyük bir kısmı sudan oluşmaktadır. Bu nedenle kesin olarak tespit edilemeyen bir kalınlık ve hacme sahiptir (Cergneux ve ark., 1987).

2. Bakteri, bakteri ürünleri ve nekrotik doku içermektedir (Mccomb ve Smith, 1975; Wayman ve ark., 1979; Yamada ve ark., 1983). Hayatta kalan bakterilerin üremesi (Brannstrom ve Nyborg, 1973), dentin tübüllerinin derinliklerine proliferasyonu (Olgart ve ark., 1974; Williams ve Goldman, 1985; Meryon ve Brook, 1990) ve böylece mikrobiyal irritanlara rezervuar görevi görmesi (Pashley, 1984) mümkün olabilmektedir.

3. Bakterilerin dentin tübüllerinin derin kısımlarına penetrasyonuna neden olabilmektedir (George ve ark., 2005).

4. Dezenfeksiyon ajanlarının penetrasyonunu engelleyebilmektedir (Mccomb ve Smith, 1975; Yamada ve ark., 1983). Dentin tübüllerinin derinliklerinde bulunan bakteriler üzerinde dezenfektanların etkisini azaltmaktadır (Yamada ve ark., 1983).

5. Kanal dolum materyali ile dentin duvarı arasında fiziksel bariyer görevi görerek sızdırmazlığı olumsuz etkileyebilmektedir (Lester ve Boyde, 1977; Yang ve Bae, 2002). Ayrıca smear tabakasının uzaklaştırılmasının koronal mikro sızıntıyı da azalttığı bildirilmiştir (Saunders ve Saunders, 1992).

6. Gevşek bir yapıya sahip olduğu için dolum materyali ve kök kanal duvarı arasında oluşabilecek mikrosızıntıya daha uygun bir fiziksel ortam sağlamaktadır (Mader ve ark., 1984; Meryon ve Brook, 1990). Bu nedenle uzaklaştırılması kök kanal dolumunun optimumuna yaklaşmasına katkı sağlayacaktır (Mccomb ve Smith, 1975).

2.2. İRRİGASYON

Mekanik preparasyon sonrası kök kanalının şeklinin, kullanılan son eğelerin şekliyle aynı olmadığı, özellikle apikal üçlüde eğenin şeklini tam yansıtmadığı ve kök kanalı içerisindeki düzensiz alanların mekanik olarak temizlenmesinin her zaman mümkün olmadığı bilinmektedir (Davis ve ark, 1972; Peters, 2004). Çalışmalarda kök kanal şekillendirme işleminde kanal duvarlarının %35 veya daha fazlasının hiç şekillendirilemediği mikro-bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) kullanılarak gösterilmiştir (Peters ve ark, 2001). Bu nedenle irrigasyon, mekanik olarak ulaşılabilen alanların ötesinde bir temizlik sağladığı için kök kanal tedavisinin vazgeçilmez bir parçası olarak kabul edilmektedir (Svec ve Harrison, 1977).

Kök kanal sistemi içinde yan kanallar, aksesuar kanallar ve istmuslar bulunabilmektedir (Hess ve ark, 1925; Walton RE, 1976). Kanal sisteminden çıkan dallanmalar, furkasyona uzanabildikleri gibi apikal bölgede birden çok kanal sonlanması şeklinde görülebilmektedir (Schilder, 1974). Endodontik kaynaklı patolojilerin gelişiminde bu farklı kanal sonlanmalarıyla periodontal ligament

arasındaki ilişkinin ve bu açıklıklardan irrigasyon solüsyonlarının çıkması ihtimalinin anlaşılması tedavi kalitesini arttıracaktır (West, 1975). Kök kanalları içindeki bu mekanik olarak ulaşılması güç alanların temizliği için hekimler ancak irrigasyon solüsyonunun etkinliğine güvenebilmektedir (Gregorio ve ark., 2009; Carver ve ark., 2007).

Bir irrigasyon solüsyonundan beklenen tüm fonksiyonları gösterebilen tek bir solüsyon mevcut değildir. Bu nedenle iki veya daha fazla irrigasyon solüsyonunun kombine ve belirli sırayla kullanılmasıyla güvenli ve etkili irrigasyonun uygulanması ve istenen etkinin sağlanması amaçlanmaktadır (Haapasalo ve ark., 2010; Zehnder, 2006). Bugüne kadar kullanılan irrigasyon solüsyonları arasında asitler, şelasyon ajanları, proteolitik enzimler, alkalin solüsyonlar, oksitleyici ajanlar gibi kimyasal maddeler ile serum fizyolojik sayılabilmektedir (Cohen ve Hargreaves, 2002).

2.2.1. İRRİGASYON SOLÜSYONLARI

Yapılan çalışmalarda ideal irrigasyon solüsyonunun özellikleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

1. Germisit ve fungusit etkiye sahip olmalıdır.
2. Periapikal dokuları irrite etmemelidir.
3. Çözelti içinde yapısı bozulmamalıdır.
4. Antimikrobiyal etkisi uzun sürmelidir.
5. Kan, serum ve doku proteinleri ile teması etkinliğini azaltmamalıdır.
6. Yüzey gerilimi düşük olmalıdır.
7. Periapikal dokuların iyileşme ve tamir süreçlerini olumsuz etkilememelidir.
8. Diş yapısını boyamamalıdır.
9. Hücrel immün yanıt başlatmamalıdır.
10. Smear tabakasını tamamen uzaklaştırabilmeli ve dentin tübüllerini dezenfekte edebilmelidir.

11. Dişı çevreleyen dokulara toksik, antijenik, karsinojenik etkisi olmamalıdır.
12. Dentinin fiziksel özelliklerini olumsuz etkilememelidir.
13. Obtürasyon materyalini etkileyerek mikrosızıntıya neden olmamalıdır.
14. Kolay kullanılmalıdır.
15. Ucuz olmalıdır (Cheung ve Stock, 1993a; Tay ve ark., 2006a).

Kök kanallarında irrigasyon amacı ile birçok farklı solüsyon kullanılmıştır. Fizyolojik tuzlu su (FTS), çeşitli anestezi solüsyonlar, sodyum hipoklorit (NaOCl), etilen daimin tetra asetik asit (EDTA), klorheksidin (CHX), MTAD, Tetraclean, klorindioksit (ClO₂), hidrojen peroksit (H₂O₂), doksisisiklin, REDTA, Rc-Prep, SmearClear (SC) gibi şelasyon ajanları, asitler ve lubrikantlar önemli solüsyonlar arasında gösterilmiştir (Eddy ve ark., 2005; Dunavant ve ark., 2006; Zehnder, 2006; Murray ve ark., 2008).

H₂O₂'in NaOCl'in ardından kök kanal irrigasyonu amacı ile kullanımının kök kanalının dezenfeksiyonunu sağlayabildiği ve kök kanalının tamamen temizlenmesini arttırabilecek bir köpürme yarattığı tespit edilmiştir (Grossman, 1943; Svec ve Harrison, 1977). Pulpa artıkları ve pulpadan gelen kanamayı temizlemek için kullanılsa da kanal içi irrigasyon solüsyonu olarak da kullanılmıştır (Haapasalo ve ark., 2005).

İnorganik doku çözücü etkinliğinden yararlanmak için sitrik asit de tercih edilen solüsyonlardan biri olmuştur. Hidroksiapatit dahil olmak üzere, inorganik dokuyu etkili bir şekilde çözmektedir (Loel, 1975; Baumgartner ve ark., 1984).

SmearClear (SC) (SybronEndo, Orange, CA), %17'lik EDTA içerisine yüzey gerilimini düşürmek amacıyla katyonik (setrimit) ve anyonik yüzey aktif maddelerin ilave edildiği bir EDTA preparatı olarak geliştirilmiştir (Lui ve ark., 2007; Khedmat ve Shokouhinejad, 2008).

MTAD; Torabinejad ve ark. (2003a, 2003b) tarafından dentini dezenfekte edip smear tabakasını uzaklaştırabilme özellikleri nedeniyle endodontik irrigasyon amacıyla geliştirilmiştir. Doksisisiklin, sitrik asit ve yüzey aktif deterjan (Tween-80) içeren ve pH derecesi 2.15 civarında olan bir solüsyondur. Shabahang ve ark. (2003)

ve Shabahang ve Torabinejad (2003), çekilmiş insan dişlerinde *E.faecalis* veya tükürük ile kontamine edilmiş kök kanallarında MTAD'yle iyi antibakteriyel aktivite sonuçları aldıklarını rapor etmişlerdir.

Günümüzde ülkemizde en çok kullanılan irrigasyon solüsyonları: NaOCl, EDTA ve Klorheksidindir. Aşağıda bu üç irrigasyon solüsyonu detaylı şekilde anlatılmıştır.

2.2.1.1. Sodyum hipoklorit (NaOCl)

Fransız kimyacı Berthollet tarafından 1788 yılında keşfedilen NaOCl, dezenfektan olarak ilk kez 1847 yılında Semmelweis tarafından kullanılmıştır (Rutala ve Weber, 1997). Sodyum hipoklorit günümüzde hala en sık kullanılan irrigasyon solüsyonudur. Endüstriyel olarak sodyum hidroksit içinden klorin geçirilerek üretilir (Stenhouse ve Patel, 2016). 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 (McDonnell ve Russell, 1999). Saf sodyum hipoklorit OCl^- baskınlığında pH 12 olarak bulunur (Frais ve ark., 2001). 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 (Estrela ve ark., 2002). Hipokloröz asit hücrelerin yaşamsal fonksiyonlarının çoğunu etkileyerek sonunda mikrobiyal hücre ölümüne giden bir süreç yaratmaktadır (Barrette ve ark., 1989; McKenna ve Davies, 1988).

Hipoklorit, güçlü ve ucuz bir solüsyon olup virüs, bakteri ve sporları etkisiz hale getirebilme yeteneğinin haricinde, organik doku çözücü etkinliği ve debris kanaldan uzaklaştırabildiği bilinmektedir (Hand ve ark., 1978; Yana, 1989).

Sodyum hipokloritin etkinliğini arttırmanın bir yolu solüsyonun ısını arttırmaktır. Sodyum hipokloritin yaklaşık 60°C 'ye kadar ısıtılmasının doku çözücü

etkinliğini arttırdığı gösterilmiştir (Cunningham ve Balekjian, 1980).

Sodyum hipoklorit, endodontik tedavide genellikle %0.5 ila 6 arası konsantrasyonlarda kullanılmaktadır. Bazı *in-vitro* çalışmalara göre, sodyum hipokloritin konsantrasyonu arttıkça *E. feacalis* ve *C. albicans* üzerindeki etkisinin de arttığı gösterilmiştir (Gomes ve ark., 2001; Waltimo ve ark., 1999). Bunun aksine bazı klinik çalışmalarda da farklı konsantrasyonlarda hipoklorit kullanıldığında, her birinde kök kanal sistemindeki bakterileri eşit olarak azalttığı gösterilmiştir (Byström ve Sundqvist, 1981; Cvek ve ark., 1975). Başka bir araştırmada, 20° C %5,25'lik solüsyon ile 45° C %1'lik solüsyonların dental pulpa dokusunu çözme etkinliklerinin benzer olduğu görülmüştür (Sirtes ve ark., 2005). Hidalgo ve ark. (2001) yaptıkları *in vitro* çalışmada NaOCl'nin %0,005 ve altındaki konsantrasyonlarının antimikrobiyal etkiye sahip olmadığını ve antiseptik solüsyon olarak dahi kullanılamayacağını bildirmişlerdir.

İrrigasyon solüsyonlarının ısıtılması, şekillendirilmiş kök kanalında kullanılması ve yeterli sürede kök kanal duvarlarına temas etmesinin sağlanmasının irrigasyon potansiyelini arttıracığı tespit edilmiştir (Sirtes ve ark., 2005). Organik doku çözücü etkiden sorumlu olan klorin stabil değildir ve doku çözme aktivitesinin ilk fazında, yaklaşık 2 dakika içinde hızlıca tükenmektedir. Bu nedenle solüsyonun taze hazırlanması önerilmektedir (Zehnder 2006; Moorer ve ark., 1982). Uzun süreli uygulamalarda sodyum hipokloritin, *Candida* türlerine karşı anti-fungal olduğu, ancak β -glukan hücre duvarlarını kolayca çözemediği bildirilmiştir (Sen ve ark., 1999).

Sodyum hipoklorit, güçlü bir antimikrobiyal olup çoğu bakteriyi temas anında öldürmektedir. Pulpa artıkları ve dentindeki kollajeni etkin bir şekilde çözmektedir. Genel kullarımdaki irrigasyon solüsyonları arasında nekrotik ve vital organik dokuları çözebilen tek solüsyon olduğu belirtilmiştir. Her ne kadar smear tabakasını tek başına uzaklaştıramasa da, tabakadaki organik bileşenleri etkileyerek kendisinden sonra kullanılacak olan EDTA ve sitrik asit gibi irrigasyon solüsyonları tarafından uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır. Tamponlanmamış hali (pH 11) çeşitli konsantrasyonlarda kullanılabilir. Bikarbonatla tamponlanmış solüsyon ise (pH 9) %0.5 veya 1'lik konsantrasyonda kullanılabilir. %0.5'lik konsantrasyonda, tamponlanmış solüsyona Dakin solüsyonu adı verilir (McDonnell ve

Russell, 1999). Tamponlama işleminin hipoklorit etkinliğini kayda değer bir şekilde arttırmadığı görülmüştür (Zehnder ve ark., 2002). 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 faktörler olarak bilinmektedir (Vianna ve ark., 2004; Portenier ve ark., 2005).

Yüksek ve düşük konsantrasyonlardaki sodyum hipokloritin nekrotik kanallardaki anaerobik bakterilere karşı antibakteriyel etkinliği arasında anlamlı fark bulunamayan araştırmalar olduğu gibi (Siqueira ve ark., 2002; Byström ve ark., 1983); biyofilm bakterilerine karşı %3 ve %6'lık konsantrasyonlar arasında anlamlı fark bulunan bir araştırma da mevcuttur (Clegg ve ark., 2006). Yüksek konsantrasyonlardaki sodyum hipokloritin daha etkili doku çözücü özelliği olmasına karşın (Hand ve ark., 1978) düşük konsantrasyondaki solüsyonun yüksek hacimde ve sık sık yenilenecek kullanılması da aynı etkiyi gösterebileceği bildirilmiştir (Moorer ve Wesselink, 1982).

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 (Frais ve ark., 2001; Fabian ve Walker, 1982).

Sodyum hipokloritin zayıf yönleri arasında; toksik olması, kötü tadı, sadece organik dokulara etkili olmasından dolayı smear tabakasını tek başına tamamen uzaklaştıramaması sayılabilmektedir (Spangberg ve ark., 1973). *In vitro* koşullardaki güçlü etkinliğine karşın, *in vivo* ortamda etkinliğinin azalması da dezavantaj olarak kabul edilebilmektedir. Bu durum solüsyonun kök kanallarında bulunan anastomozlar, lateral kanallar, dentin kanalcıkları gibi ulaşılması güç bölgelere penetre olamamasına

sebeup olabilmektedir (Haapasalo ve ark., 2000). Yüksek konsantrasyondaki (%5,25) sodyum hipokloritin uzun süre temas sonucu, dentine zarar verebileceği ve bükülme dayanımıyla elastisite kaybına yol açabileceği ancak bu zararın %0,5'lik sodyum hipokloritte görülmediği gösterilmiştir (Sim ve ark., 2001; Mareending ve ark., 2007). Konsantrasyon arttıa toksisitede artış görülmesinden dolayı, kök kanalının apikalinden taşan solüsyon, dokuda şiddetli irritasyona yol açabilmektedir (Hülsmann ve Hahn, 2000).

Sodyum hipoklorit ile irrigasyon kazalarında; şiddetli ağrı, evre yumuşak dokularda dem, ekimoz, kök kanalında durdurulamayan kanama, etkilenen bölgede sekonder enfeksiyonlar ve reversibl/irreversibl doku hasarı meydana gelebilmektedir. Bu durum apikal daralmanın görülmediği rezorpsiyon vakalarında, oluşumu tamamlanmamış genç dişlerde, irrigasyon basıncının gereğinden fazla arttırıldığı durumlarda, irrigasyon derinliği doğru tespit edilemediğinde ve irrigasyon iğnesinin kanalda sıkışması sonucunda gerçekleşerek hastaya ciddi zararlar verebilmektedir (Hülsmann ve Hahn, 2000; Zhu ve ark., 2013).

Literatürde sodyum hipokloritin alerjik reaksiyona neden olması ile ilgili çok az çalışma olmasına rağmen, hiçbirinde sodyum hipoklorite bağlı gerçek bir alerji görülmemektedir (Eun ve ark., 1984; Habets ve ark., 1986).

2.2.1.2. Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA)

En yaygın kullanılan şelatlama solüsyonu, dentinde kalsiyum iyonlarıyla reaksiyona giren ve çözünür kalsiyum şelatları oluşturan etilen diamin tetra asetik asittir (EDTA). Sıvı veya jel tip olmak üzere iki şekilde bulunmaktadır. Sıvı tiplere SmearClear (SybronEndo, Orange, CA), Calcinase (lege artis, Dettenhausen, Almanya), REDTA (Roth International Chigaco, ABD), EDTAC ve DTPAC, EDTA-T (Formula & Aao Farmaia, Sao Paulo, Brezilya), EGTA (Sigma, St. Louis, MO, ABD), Largal Ultra (Septodont, Paris, Fransa), Salvizol (Ravenz Konstanz, Almanya); pasta tiplere ise Calcinase slide (lege artis, Dettenhausen, Almanya), RC-Prep (Premier Dental, Philadelphia, PA, ABD) ve Glyde file (DeTrey Dentsply, Konstanz,

Almanya) örnek olarak verilebilir (Hülsmann ve ark., 2003).

EDTA, final yıkama solusyonu olarak kullanılabilir (Villegas ve ark., 2002) ya da alternatif olarak kök kanal preparasyonu sırasında NaOCl ile birlikte kullanılmaktadır (Soares ve ark., 2010). Kök kanal duvarlarında bulunan smear tabakasının inorganik kısmını çözerek kanal dolgusunun kök kanal duvarına adaptasyonunu artırdığı bulunmuştur (Sen ve ark., 1995). Fakat peritübüler ve intertübüler dentin erozyonuna sebep olabilmekte ve bu da kök dentin mikro sertliğinin azalmasıyla sonuçlanmaktadır ve aynı zamanda NaOCl ile etkileşerek mevcut serbest klorun azalmasına sebep olabilmektedir (Girard ve ark., 2005; Zehnder ve ark., 2005b).

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 (Yoshida ve ark., 1995; Hottel ve ark., 1999; Goldman ve ark., 1982).

Şelasyon ajanlarının işlem görmüş kök kanal duvarından smear tabakasını uzaklaştırabilme yeteneğine rağmen (Yamada ve ark., 1983) organik dokuları uzaklaştıramamasından dolayı, çeşitli solüsyonlar ile kombine kullanılması önerilmiştir (Yamada ve ark., 1983; Rubin ve ark., 1979; Loel, 1975). EDTA'nın tek başına kullanıldığı durumlarda organik doku artıklarının temizlenemediği; sodyum hipokloritin tek başına kullanıldığı durumlarda ise smear tabakasının tam uzaklaştırılmadığı; sodyum hipoklorit ve EDTA'nın kombine kullanımında ise smear tabakası, pulpal kalıntılar ve preentinin tamamen temizlendiği; geride düzgün, tübül ağızları açıkta bir dentin yüzeyi kaldığı ancak açığa çıkan ekzosferitlerin erozyona uğramış görüntüye sahip olduğu gösterilmiştir (Baumgartner ve ark., 1987). Taramalı elektron mikroskopunda (SEM) yapılan bir çalışmada %2.5'lük NaOCl ile %2'lik klorheksidin jel veya likid formunun ardından EDTA ve salin uygulaması ile kök kanal duvarlarında daha temiz bir yüzey elde edildiği görülmüştür (Valera ve ark., 2010)

Enstrümantasyon sonrası maksimum temizleme etkinliği için şelasyon ajanlarının bir doku çözücü solüsyonunun ardından kullanılması önerilmektedir

(Baumgartner ve Mader, 1987; Yamada ve ark., 1983). Solüsyon hacmi olarak en etkin temizlik için 10 ml EDTA ardından 10 ml NaOCl önerilmekle birlikte (Yamada ve ark., 1983; Goldman ve ark., 1982) EDTA ve NaOCl'nin dönüşümlü kullanılmasını öneren çalışmalarda mevcuttur (Baumgartner ve Mader, 1987).

EDTA genellikle %17'lik konsantrasyonda, nötralize edilmiş olarak (disodyum EDTA, pH 7) kullanılmaktadır. 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 (Haapasalo ve ark., 2010).

Seidberg ve Schilder'e göre (1974) EDTA demineralizasyon özelliğini kendi kendine sınırlayabilmektedir. Bu sınırlamanın dentinin demineralizasyonu sırasında meydana gelen pH değişimleri nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

2.2.1.3. Klorheksidin diglukonat

Klorheksidin diglukonat, antimikrobiyal aktivitesinden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır (Russell, 1996; Russell ve Day, 1993). Gram-pozitif, gram-negatif bakterilere ve mayalara karşı etkili, geniş spektrumlu bir antimikrobiyal ajandır (Block, 2001). Mikroorganizmaların hücre duvarına absorbe olarak sitoplazmik membran bütünlüğünü bozmaktadır (Gomes ve ark., 2003). Endodontide hem irrigasyon solüsyonu hem de kanal içi medikament olarak kullanım alanı mevcuttur (Manzur ve ark., 2007; Paquette ve ark., 2007; Basrani ve ark., 2003; Basrani ve ark., 2004). 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 (Kuruvilla ve ark., 1998).

Klorheksidin diglukonat mikrobiyal hücre duvarı veya dış membrandan sızarak bakteriyel sitoplazmik veya iç membrana, mantarlarda ise plazma membranına saldırır. Yüksek konsantrasyonlarda intrasellüler komponentlerde koagülasyona neden olur (McDonnell ve Russell, 1999). 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 (Russell ve Day 1993).

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 (Vahdaty ve ark., 1993; Jeansonne ve White, 1994). %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 edilebileceği bildirilmiştir (Zamany ark., 2003). %0.2'lik düşük konsantrasyonlarda bakteriyostatik, %2'lik yüksek konsantrasyonlarda bakteriyosidal etki gösterdiği bulunmuştur (Gomes ve ark., 2003).

2.2.2. Solüsyonlar arası etkileşimler

Sodyum hipoklorit ve EDTA en sık kullanılan irrigasyon solüsyonlarıdır. Farklı etki mekanizmaları olduğu için karıştırılarak kullanılmaları denenmiş ancak karışımları anda EDTA'nın sodyum hipokloritin serbest klorin miktarını dolayısıyla etkinliğini azalttığı görülmüştür (Zehnder ve ark., 2005).

Doku çözücü etkinliği olmayan klorheksidin diglukonatu sodyum hipokloritle karıştırarak kullanmak ise oluşan çökelti yüzünden mümkün değildir. Oluşan turuncu-kahverengi çökelti demir ve parakloroanilin (PCA) içermektedir, parakloroanilinin mutajenik potansiyeli vardır (Marchesan ve ark., 2007; Basrani ve ark., 2007). EDTA ile klorheksidin diglukonat karışımında ise beyaz bir çökelti oluşur (Haapasalo ve ark., 2010).

2.2.3. 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 (Haapasalo ve ark., 2010).

Sodyum hipoklorite uzun süre maruz kalmanın dentindeki bükülme dayanımı ve elastiklik modülünü düşürdüğü görülmüştür (Marening ve ark., 2007). 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 (Niu ve ark., 2002). 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 (Torabinejad ve ark., 2003).

2.2.4. İRRİGASYON CİHAZLARI VE TEKNİKLERİ

Enstrüman 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 oynamaktadır. Özellikle kanallar arası anastomozlar kanal şekillendirme esnasında inorganik içeriği oldukça yüksek debrisle dolmaktadır (Paqué ve ark., 2009). Temizliğinde sodyum hipoklorite ek olarak ajitasyon teknikleri denenebilmektedir (Haapasalo ve ark., 2010).

İrrigasyon solüsyonlarını aktive ederek; solüsyonların kök kanalında hidrodinamik etkinliği güçlendirip dezenfeksiyonun etkinliğinin artırılması hedeflenmektedir. Smear tabakasını ve dentin debrislerini uzaklaştırmak için organik ve inorganik çözücülerin yanı sıra manuel ve mekanik aktivasyon tekniklerinin kullanımı önerilmektedir (Cameron, 1983; Cameron, 1988; Cheung ve Stock, 1993; Nielsen ve Baumgartner, 2007; Takeda ve Harashima, 1998).

2.2.4.1.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 irrigasyon kazası yaşanabilmektedir; bu nedenle genelde 1-5 ml arası şırıngalar önerilmektedir. Endodontide kullanılan irrigasyon şırıngalarının hepsinin Luer-lok dizaynına sahip olması beklenmektedir. Irrigasyon solüsyonları arasında kimyasal reaksiyonlar gerçekleşebildiği için her solüsyon için farklı şırınga kullanımı tavsiye edilmektedir (Haapasalo ve ark., 2010).

2.2.4.2.İğneler (Kanüller)

Diş hekimliğinde anestezi amacıyla kullanılan iğneler uçtan perfore olduğu için irrigasyon için kullanıldıklarında solüsyonun periapikal alana taşma riski mevcuttur (Mehdipour ve ark., 2007). Bu sebeple uç kısmı kapalı, yanda bir veya daha çok açıklığı bulunan kanüller üretilmiştir. Yandan perfore irrigasyon iğnelerinin kullanımı, ilk defa Goldman ve ark. (1976) tarafından tanımlanmış bir yöntemdir.

Yandan perfore iğnelerin irrigasyon sırasında hidrodinamik aktivasyonu da arttırdığı görülmüştür (Pasricha ve ark., 2015). Bu kanüllerin en uygun kullanımının apikalden 1-2 mm koronalde konumlandırılarak kullanılması olduğu bildirilmiştir (Kahn ve ark., 1995; Sedgley ve ark., 2005). Solüsyon kanülün ucundan en fazla 1 mm ileriye gidebilmektedir (Ram, 1977). Uygulanan bir ajitasyon metodu olmadıkça apikal alandaki debrisin temizlenmesinde yetersiz olduğu görülmüştür (Tay ve ark., 2010).

Uzun yıllardır 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 (Senia ve ark., 1971; Van der Sluis ve ark., 2006). 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 gerekmektedir. Irrigasyon basıncının sadece apikalden taşma riskini arttırdığı, irrigasyonun etkinliğini arttırmadığı bilinmektedir (VandeVisse ve Brilliant, 1975).

2.2.4.3.Pasif ve Aktif İrrigasyon

Pasif irrigasyon, solüsyonların çeşitli çap ve fleksibiledeki 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 (Ruddle, 2008). Daha derine etkin bir şekilde yerleştirilebilmesi için ince kanüller tercih edilebilir (Van der Sluis ve ark., 2006).

Solüsyonların durağan bir depo olarak kalması penetrasyon ve sirkülasyon gibi aşamalara olanak vermediği için pasif irrigasyonun limitasyonları mevcuttur (Ruddle, 2007). Kök içi düzensizlikler gibi alanlarda pasif irrigasyonun kanal içi enfeksiyonların eliminasyonuna yetmediği bilinmektedir(Nair ve ark., 2005). Hidrodinamik etki sağlayabilmek amacıyla solüsyonların aktivasyonu düşünülmüştür. Solüsyonların ajitasyonunu sağlayan çeşitli cihaz ve teknikler mevcuttur (Gu ve ark., 2009).

2.2.5. İRRİGASYON SOLÜSYONLARININ AKTİVASYONU

2.2.5.1. MANUEL AKTİVASYON YÖNTEMLERİ

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

2.2.5.1.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 (Goldman ve ark., 1976; Hauser ve ark., 2007).

2.2.5.1.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 fıralara sahip bir sistemdir (Al-Hadlaq ve ark., 2006). Apikal ve orta üçlüde fark yaratmamasına rağmen koronal bölgede etkin debris temizliği yaptığı görülmüştür (Al-Hadlaq ve ark., 2006). En uygun kullanımının apiko-koronal yönde kısa hareketlerle kanalı fırçalama Şeklinde olduğu belirtilmesine rağmen; bu hareket fırça kollarının koparak kanal içi düzensizliklere yerleŐmesi ve radyolusent oldukları için de durumun fark edilememesi riskini beraberinde getirmektedir.

Endobrush (C & S Microinstruments Limited, Markham, Ontario, Kanada) sistemi spiral dizilmiŐ fırça kollarına sahip, hem 90° dönme hem de 2-3 mm genlikte fırçalama hareketiyle kullanılan uçlar içerir. Fırça uçlarının temizlik sırasında kanal içi girintileri temizleyeceği düŐünülmesine rağmen kalın çaptan dolayı çalışma boyunun bütüne ulaŐamayacaėı, ulaŐtığı alanda debris temizlemede etkili olduğu bildirilmiştir (Keir ve ark., 1990). Kanalın bütününe hakim olamaması, ulaşamadığı apikal kısma debris itip sıkıŐtırması ihtimalini doğurmaktadır.

2.2.5.1.c. Manuel Dinamik İrrigasyon

Manuel dinamik irrigasyon ise, kanal genişletme işlemi bittikten sonra son geniŐletmenin çapına uygun bir gt-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 vuruŐla, çalışma boyuna eriŐilerek 5 mm aplitdde gt-perka hareketi sağlanacak Şekilde standardize edilmiştir (Huang ve ark., 2008). Kolay ve ucuz bir yöntem olması avantaj sağlamaktadır. Eğimli kanallarda vapor lock etkisiyle normalde solüsyonun eriŐemediėi apikal bölgeye ulaŐmasında hidrodinamik etkiyle fayda sağlayabileceği bildirilmiştir (Caron ve ark., 2010). Pasif (statik) irrigasyona ve RinsEndo gibi sistemlere göre daha etkili olduğu belirtilmiştir (Huang ve ark., 2008; McGill ve ark., 2008; Jiang ve ark., 2012).

2.2.5.2. MEKANİK AKTİVASYON YÖNTEMLERİ

2.2.5.2.a. Mikro fırçalar

Manuel olarak veya bir sonik, ultrasonik veya döner sisteme adapte edilerek kullanılabilen mikro fırçaların kullanımı önerilmiştir (Ruddle, 2001). 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 (Weise ve ark., 2007). 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 (Garip ve ark., 2010).

2.2.5.2.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 (Setlock ve ark., 2003; Walters ve ark., 2002).

2.2.5.2.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 (Tronstad ve ark., 1985). Salınım yaklaşık 1-6 kHz arasındadır (Merino ve ark., 2013). Ultrasoniğe göre daha küçük kesme gerilimi yaratır (Ahmad ve ark., 1987). 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 (Jensen ve ark., 1999). Kesme etkinliği olan eğelere sonik titreşim uygulandığında oluşabilecek apikal transportasyon ihtimali üzerine, kesme etkinliği bulunmayan polimer uçlara sahip EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, ABD) geliştirilmiştir.

I. EndoAktivator: EndoAktivator (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 (Caron ve ark., 2007). Aynı zamanda kanal içi düzensizliklerdeki inatçı kalsiyum hidroksitin temizlenmesinde de etkilidir (Van der Sluis ve ark., 2007).

Kullanım sırasında EndoAktivator'un ucu, hareketi sayesinde içi solüsyonla dolu pulpa odasında da gözlenebilen bir debris bulutu meydana getirir. EndoAktivator 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 (Ruddle, 2007).

Cihaz 2 000 - 3 000 Hz frekans arasında çalışır (Jensen ve ark., 1999). 3 hız ayarı vardır: 2.000, 6.000, 10.000 cpm (dakikadaki dönüş). Debridmanı en etkin hale getirmek için önerilen hız 10.000 cpm'dir (Caron ve ark., 2007). 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 (Ruddle, 2007). EndoAktivator'ün ultrasoniklere, manuel dinamik irrigasyona ve RinsEndo sistemine göre apikal alana daha az solüsyon taşıdığı görülmüştür (Desai ve Himel, 2009).

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

Genişletmesi tamamlanmış kanallarda, çalışma boyundan 2 mm eksiğe gevşekçe yerleşebilen uçların seçilmesi önerilmiştir (Wiseman ve ark., 2011). Sıkışmayan ve rahatça hareket edebilen uçların irrigasyon dinamiğini arttıracığı bilinmektedir (Ahmad ve ark., 1987). 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 (Ruddle, 2007; Gutarts ve ark., 2005).

EDTA gibi ajanlarla birlikte EndoActivator sisteminin kullanılmasının smear tabakasını uzaklaştırdığı ve molar dişlerin kavisi kanallarındaki simüle edilmiş biyofilm oluşumlarını yokettiği bildirilmiştir (Caron ve ark., 2010).

II. Vibringe: Vibringe (Vibringe B. V. Corp, Amsterdam, Hollanda), manuel solüsyon akışı ile sonik aktivasyonu birleştiren bir irrigasyon aktivasyon cihazıdır (Rödig ve ark., 2010). 2-3 kHz frekansta çalışır. Herhangi bir irrigasyon enjektörüne birleştirilebilen kablolu 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 (Ahmad ve ark., 1992). Apikalden debris ekstrüzyonu açısından konvansiyonel irrigasyon ve EndoVac sistemleriyle Vibringe arasında fark yoktur (Karatas ve ark., 2015). Kök kanal düzensizliklerinden debris temizlenmesinde ise konvansiyonel şırınga irrigasyonundan apikal alanda daha etkili olmakla birlikte ultrasonik sistemler kadar etkin bulunmamıştır (Rödig ve ark., 2010).

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 kavitasyon ve akustik akım etkisi uç boyunca sarmal girdaplar yaratır.

Eddy sisteminin kıvrımlı ve düz kanallardaki antibakteriyel etkinliği pasif ultrasonik irrigasyona eşdeğer bulunmuştur (Neuhaus ve ark., 2016). Kanal içi düzensizliklerden organik doku çözücü etkinliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada pasif ultrasonik irrigasyon ve Endoaktivator ile benzer sonuçlar göstermiştir (Conde ve ark., 2017). 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 (Urban ve ark., 2017).

2.2.5.2.d. Ultrasonik sistemler

Ultrasonikler yaklaşık 20-40 kHz frekansta çalışan sistemlerdir. 1957 yılında endodontide kullanımı önerilmeden önce uzun süre periodontoloji alanında kullanılmıştır (Richman, 1957). Endodontide kullanmaya uygun endodontik sistemin piyasaya çıkması ise 1980'i bulmuştur (Martin ve ark., 1980). 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 dolun gibi engellerin aşılmasında, apikal rezeksiyon işlemlerinde retrograd kavite preparasyonunda, kök kanal enstrümantasyonunda ve irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonunda kullanılmaktadır (Çiçek ve Bodrumlu, 2012).

Ultrasonik aktivasyonun kök kanalı içerisindeki kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılması bakımından en başarılı teknik olduğunu vurgulayan çalışmalar mevcuttur (Sluis ve ark., 2007; Kenée ve ark., 2006; Tasdemir ve ark., 2011). UI kullanılırken irrigant akış hızının ve hacminin yüksek olmasından dolayı, Ca (OH)₂'nin diğer yöntemlere kıyasla daha etkili bir şekilde uzaklaştırıldığı savunulmuştur (Jiang ve ark., 2010).

Ultrasoniklerin kanal genişletmesinde kullanılmasında şekillendirmenin kontrolünün zor olması, strip perforasyon veya kanal transportasyonu gibi sıkıntılar mevcuttur (Lumley ve ark., 1992; Walmsley ve ark., 1991). İrrigasyon aktivasyonunda da kullanılmaya başlandığında ise smear tabakası ve dentin debrisini uzaklaştırmakta etkili olduğu görülmüştür (Ahmad ve ark., 1987). 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) (Çiçek ve Bodrumlu, 2012).

Pasif ultrasonik irrigasyonun, enstrümantasyonla beraber kullanılabildiği göre smear tabakası kaldırmada daha etkili olduğu görülmüştür (Cheung ve Stock, 1993). Bu yöntemde kesici olmayan bir eğe veya düz bir tel ultrasonik cihaza takılıp titreşimi sağlanır (Ahmad ve ark., 1987). Kullanılan ultrasonik ucun akustik etki sağlayabilmesi için kanal içinde pasif olması gerekmektedir. Ultrasonikler hem akustik etki hem kavitasyon meydana getirmektedir (Ahmad ve ark., 1988). Ultrasonik titreşimler kanal duvarındaki kesme gerilimini etkileyerek duvardaki biyofilm tabakasının yırtılmasına yardımcı olur (Ahmad ve ark., 1990). Duvarla daha az temas sağlaması için küçük boyutlu eğelerin yüksek güçteki ultrasoniklerle kullanımı önerilmiştir (Ahmad ve ark., 1987; Jensen ve ark., 1999). Çok dar veya kısa-kıvrımlı kanallarda ultrasonik uç serbest kalamayıp engellere takılacağından temizleme etkinliğine fazla katkı sağlayamayacaktır (Jensen ve ark., 1999; Usman ve ark., 2004). Ultrasonik aktivasyon etkinliğinin en uygun olabilmesi için genişletme işlemleri bitmiş ve geniş-düz kanallarda kullanılması önerilmiştir (Sluis ve ark., 2005). Ultrasonik aktivasyonun düz köklü dişlerde tübüllerin içine penetre olan *E. faecalis*'e tek seansta, bir hafta bekletilen kalsiyum hidroksit medikamentine eşdeğer bir dezenfeksiyon etkisi

sağladığı görülmüştür (Harrison ve ark., 2010). Pasif ultrasonik aktivasyonun yüzey dentininde olduğu kadar erişilmesi zor sıg veya derin girintili bölgelerde de bakteri eliminasyonunu arttırdığı gösterilmiştir (Huque ve ark., 1998).

Ultrasoniklerin kullanımı sırasında irrigasyon solüsyonunda ısı artışı meydana gelmektedir, bu da ısıyla etkinliği artan sodyum hipokloritle sinerjik bir etki yaratmaktadır (Cameron, 1987; Ahmad, 1990).

Ultrasonik aktivasyonla eşzamanlı olarak kanal içine sürekli solüsyon veren bir sistem geliştirilmiştir (Nusstein, 2005). 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 (Gutarts ve ark., 2005; Burleson ve ark., 2007).

2.2.5.2.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 (Braun ve ark., 2005) ve *E. faecalis*'e karşı (Muselmani ve ark., 2005) 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 (Hauser ve ark., 2007). Bir *ex vivo* çalışmada kanallara uygulanan biyo-moleküler kollajen film tabakasının temizliğinde de statik irrigasyona göre RinsEndo'nun daha etkili olduğu ancak manuel dinamik irrigasyondan daha az temizlik sağladığı belirtilmiştir (McGill, 2008). Debris temizliği açısından statik irrigasyonla anlamlı fark bulunamamıştır (Vivan ve ark., 2010).

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 (Pawar ve ark., 2012). Çalışma boyundan 3 mm kısa mesafede anlamlı fark çıkmamasına rağmen 1 mm mesafede konvansiyonel irrigasyona göre daha etkili debris temizliği yaptığı görülmüştür (Nielsen ve Baumgartner, 2007; Siu ve Baumgartner, 2010) Apikalden irrigasyon solüsyonlarının taşması riskinin de şırınga irrigasyonuna göre EndoVac sisteminde daha az olduğu belirtilmiştir (Mitchell ve ark., 2010). Smear tabakası ve debris temizleme etkinliğinin manuel dinamik aktivasyona göre daha etkili olduğu gösterilmiştir (Parente ve ark., 2010). EndoVac sisteminin, ultrasonik irrigasyon ve konvansiyonel irrigasyona göre apikalden daha az debris çıkışına sebep olduğu görülmüştür (Tambe ve ark., 2013).

2.2.5.2.f. Lazerle Aktivasyon

Temizleme etkinliğini arttırmak için lazerlerin endodontide kullanımı önerilmiştir (Kimura ve ark., 2000; Moor ve ark., 2009). Lazer ışını, enerjinin şiddetli emilimiyle ışıksal bozunum yaratarak solüsyonda kısa süreli kavitasyonlar oluşturur (Blanken ve Verdaasdonk, 2007). Ek olarak termal etkiyle de su moleküllerinin genişip büzülmesine yol açarak ilave kavitasyonlar yaratır. Bu etkisiyle smear tabakasının temizlenmesine yardımcı olur ancak solüsyonun apekten taşması riskini de arttırabilir (George ve Walsh, 2008; George ve ark., 2008). Bir çalışmada kök kanallarına açılan yapay oluklara yerleştirilen debrisin temizlenmesinde 20 saniyelik aktivasyonla alınan sonucun, pasif ultrasonik irrigasyon veya konvansiyonel irrigasyondan daha etkili olduğu belirtilmiştir (De Groot ve ark., 2009).

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 ucla birlikte kullanılan Er:YAG lazerin apikal bölgedeki smear tabakasının kaldırılmasında etkili olduğu ve bu etkinin irrigasyon solüsyonu içinde kavitasyonlar oluşturma etkisi sayesinde gerçekleştirdiği bilinmektedir (Peeters ve Suardita, 2011).

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 (Amyra ve Walsh, 2000; Walsh, 2003). 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 (Walsh, 1997). 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 (Dobson ve Wilson 1992).

2.2.5.2.g. XP-endo Finisher

Yeni bir irrigasyon aracı olan XP-endo Finisher (FKG, Dentaire SA La Chaux-de-Fonds, İsviçre), FKG firması tarafından tanıtılmıştır. Bu cihazın tasarımı, ISO #25, 0.00 koniklikte bir NiTi kanal eğesi ile benzerdir (Alves ve ark., 2016). Üretici firma tarafından, çok esnek olduğu ve erişimini 6 mm çapında veya eşdeğer büyüklükteki bir eğeden 100 kat daha fazla genişletebildiği, bu nedenle daha önce ulaşması mümkün olmayan alanlarda kanalın mekanik temizliğine olanak sağladığı iddia edilmiştir (FKG). Eğe tasarımı, NiTi alaşımının şekil hafızası ilkelerine dayanmaktadır; M-fazındayken eğe düzdür ve bu faz eğe soğutulduğunda elde edilmektedir. Vücut ısısına maruz kaldığında ise moleküler hafızasını A-fazına değiştirmektedir (FKG).

XP-Endo Finisher ve PUI nin, dişlerin apikal üçlüsündeki yapay oluklardan kalsiyum hidroksiti uzaklaştırma potansiyelini değerlendiren bir çalışmada, her iki yöntemin de bir dakikalık aktivasyondan sonra kalsiyum hidroksitin yapay oluklardan tamamen uzaklaştırılmadığını ve aralarındaki farkın anlamlı olmadığı gösterilmiştir (Wigler ve ark., 2017).

2.3. KANAL İÇİ MEDİKAMENTLER

Mikroorganizmalar apikal periodontitisin temel sebebidir (Kakehashi ve ark., 1965; Möller ve ark., 1981; Sundqvist, 1992) ve bu mikroorganizmaların kök kanalından elimine edilmesiyle apikal patolojinin iyileşmesi beklenir (Byström ve Sundqvist, 1981). Dolum aşamasına gelindiğinde negatif kültür elde edilen kanallarla ilişkili patolojilerin iyileşmesinin, hala mikroorganizma içermekte olan kanallara göre daha iyi sonuçlandığı bilinmektedir (Molander ve ark., 2007). Sadece mekanik temizliğin bakteri eliminasyonuna yetmemesinden (Byström ve Sundqvist, 1981; Wu ve ark., 2006) 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 verilmektedir (Weine, 1976). Kanal içi düzensiz alanlardaki mikroorganizmaların sadece mekanik preparasyon ve irrigasyonla elimine edilmediği bilindiğinden kanal içi medikamentlerin kullanımı önerilmiştir (Nair ve ark., 2005). 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 (Byström ve Sundqvist 1981). Çok seanslı tedavilerde geçici restorasyonun sızdırma ihtimaline karşı bir önlem olarak da medikamentler tercih edilir (Chong ve Ford, 1992). Kanal içi medikamentlerden beklenen antibakteriyel yararın, sitotoksik etkilerinden yüksek olması gerekir (Messer ve Feigal, 1985). Eskiden çokça kullanılan formaldehit ve fenol temelli medikamentlerin, dokuya diffüzyon gücü yüksek buhar oluşturma

potansiyeli bilinmektedir (Cambruzzi ve Greenfeld, 1983). Bu medikamentler vücudun geniş alanlarına yayılabilmek kabiliyetindedir (Pashley ve ark., 1980; Block ve ark., 1983 ; Fager ve Messer, 1986). Formaldehit temelli kanal içi medikamentlerin mutajenik ve karsinojenik etkileri de artık bilindiğinden, kök kanal tedavisinde kullanımlarına devam edilmesini haklı gösterecek bir gerekçe bulunmamaktadır (Lewis ve Chestner, 1981; Sipes ve Binkley, 1986).

Kanal içi medikamentlerin etki süresinin iki seans arasını kapsaması istenmesine rağmen, fenol bazlı medikamentler kanala uygulandıktan kısa bir süre sonra etkilerini yitirmektedir (Koontongkaew ve ark., 1988 ; Messer ve Chen, 1984). Bunun üstesinden gelmek için kontrollü salınım yapan, kuarterner amonyum bileşikleriyle beraber kullanılan medikamentler düşünülmüştür ancak istatistiksel olarak anlamlı bir etki sağlayamamıştır (Tronstad ve ark 1985; Barnett ve ark., 1986; Tronstad ve ark., 1988).

Kalsiyum hidroksit en çok kullanılan kanal içi medikamentlerden biridir (Sjögren ve ark., 1991). Antibakteriyel etkinliği, *E. Faecalis* dışındaki mikroorganizmalarda kafurlu paramonoklorofenol ve kafurlu fenolden daha üstündür (Byström, 1985; Stevens ve Grossman, 1983). Bunlardan başka periapikal dokularda antienflamatuvar etki yaratması için kortikosteroid ve antibakteriyel etki için antibiyotik içeren Ledermix patı (Barker ve Lockett, 1971 ; Abbott ve ark 1988), üç antibiyotiğin (Metronidazol, Siprofloksasin, Minosiklin) karışımı ile elde edilen üçlü antibiyotik patı (Sato ve ark., 1996; Windley ve ark., 2005), povidon iyodin gibi iyodoforlar (Torneck, 1976), sonradan toksik özellikleri gösterilen formokrezol gibi fenollü bileşikler (Spangberg ve ark., 1973; Engström ve Spangberg, 1969; Spangberg ve ark., 1979) 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 (Treanor ve Goldman, 1972).

2.3.1. Kalsiyum Hidroksitin Özellikleri

Kalsiyum hidroksit; antibakteriyel, terapötik, biyoyumlu ve rejeneratif özellikleri nedeniyle randevular arasında yaygın şekilde kullanılan bir kanal içi medikamenttir (Athassiadis ve ark., 2007; Siqueira ve ark., 2007).

1920 yılında pulpa kuafajı materyali (Hermann, 1920) olarak tanıtılan kalsiyum hidroksit (Ca(OH)_2) suda çözünürlüğü az, pH değeri yaklaşık 12,5-12,8, beyaz, kokusuz, toz halinde bir bileşiktir (Siqueira ve Lopes, 1999). Antimikrobiyal aktivitesi (Byström ve ark., 1985) ve doku çözücü etkinliği (Hasselgren ve ark., 1988; Andersen ve ark., 1992) olduğu, diş dokusunda rezorpsiyonu inhibe ettiği (Tronstad, 1988) ve sert doku formasyonu ile tamiri indüklediği (Foreman ve Barnes, 1990) bilinmektedir. Alkolde çözünmeyen kalsiyum hidroksit suyla beraber tiksotropik özellik gösterir ve karıştırıldığında akışkandır (Spangberg ve Haapasalo, 2002).

Ortama kalsiyum (Ca^{2+}) ve hidroksil (OH^-) iyonları salan kalsiyum hidroksitin ortamdaki bakterilerin hücre duvarını parçalayıp protein yapılarını bozarak etki ettiği gösterilmiştir (Gordon ve ark., 1985; Safavi ve Nichols, 1993). Kalsiyum hidroksit aynı zamanda gram-negatif bakterilerin hücre duvarındaki liposakkaritlerin (LPS) lipid kısımlarını hidrolize eder (Safavi ve Nichols, 1993; Safavi ve Nichols, 1994). Böylece LPS'lerin TNF- α üretimini stimüle etmesine engel olduğu, dolayısıyla lokal enflamatuvar cevabı azalttığı belirtilmiştir (Barthel ve ark., 1997). Organik dokuda karbondioksit (CO_2) veya karbonat iyonları (CO_3^-) ile karşılaştığında tüm kalsiyum (Ca^+) 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 (Estrela ve Pesce, 1997).

Yavaş salınım yapan kalsiyum hidroksitin kanalda antibakteriyel amaçla ne kadar süre bırakılması gerektiği ile ilgili çeşitli görüşler mevcuttur. En az 24 saat (Safavi ve ark., 1990), 12-72 saat (Stuart ve ark., 1991; Estrela ve ark., 1998), 7 gün (Sjögren, 1991), 10 gün (Orstavik ve Haapasalo, 1990), 1-3 ay (Sjögren ve ark., 1991; Byström

ve ark., 1985; Cvek ve ark., 1974) bekletilebileceği üzerine çalışmalar yapılmıştır. 24 saat bekletildiği bir çalışmada ortamdaki *E.faecalis*'i yok edemediği (Baker ve ark., 2004) hatta uzun sürelerle kalsiyum hidroksit bekletilmesine rağmen *E. faecalis*'in dentin tübüllerinde hayatta kalabildiği gözlenmiştir (Haapasalo ve Orstavik, 1987; Siqueira ve Uzeda, 1996). 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 (Portenier, 2005).

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 çözünebilir maddeler (serum, distile su, anestezi solüsyonlar, metil selüloz, karboksimetil selüloz, 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) (Fava ve Saunders, 1999).

Bunlardan visköz ve yağ bazlı taşıyıcılar kalsiyumun etkinlik süresini arttırmasına rağmen kanaldan uzaklaştırılmaları su bazlılara göre daha zordur (Fava ve Saunders 1999; Gomes ve ark 2002). Su temelli taşıyıcılar iyon salınımının hızla başlamasını sağlarlar ve klinikte en çok kullanılan taşıyıcılar steril su ve salindir. Polietilen glikol konsantre formlarında kendisi de antibakteriyel özellik gösteren ve sık tercih edilen bir taşıyıcıdır (Chirife ve ark 1983; Athanassiadis ve ark., 2007).

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 (Çalt ve Serper, 1999), rezin kökenli patların dentine bağlanmasını azalttığı (Kim ve Kim 2002), boyutsal olarak stabil olmadığından ve iyonlara ayrıştığından uzun dönemde mikrosızıntıyı arttırabileceği (Cohen ve Burns, 2002), çinko oksit öjenol esaslı patlarla etkileşime girerek onları daha kırılğan ve granüler hale getirdiği (Margelos ve ark., 1997) bilinmektedir. Kök kanal tedavisi tamamlanmadan önce kanalda kalan kalsiyum hidroksitin mutlaka uzaklaştırılması gerekmektedir (Capar ve ark., 2014).

Kanalda kalan kalsiyum hidroksit, dolum sırasında patla karışıp, homojenize olmayan ve daha kalın bir kanal patı tabakası meydana getirecektir (Hosoya ve ark., 2004). Pat kalınlığının kanal dolum başarısını etkilediği belirtilmiştir (Kontakiotis ve ark., 1997). Aynı zamanda kanal patıyla kalsiyum hidroksitin reaksiyona girebileceği, patın çalışma ve donma süresinin değişebileceği düşünülmüştür (Margelos ve ark., 1997; Hosoya ve ark., 2004). Bu süreci kısaltması sonucunda çinko oksit öjenol bazlı kanal patlarında çatlaklar oluştuğu gözlemlenmiştir (Kim ve Kim, 2002).

Çoğu vakada, geride kalan kalsiyum hidroksit, master kök kanal egesi veya gutta-perka (Phillips ve ark., 2015) ile çalışma boyuna ulaşılmasıyla birlikte NaOCl ve EDTA ile bol irrigasyonun ardından uzaklaştırılabilmektedir. Irrigasyon solüsyonlarını etkinliğini artırmak için farklı irrigasyon teknikleri ve cihazları kullanılmıştır (Bolles ve ark., 2013; Yaylali ve ark., 2015; Haapasalo ve ark., 2016).

EDTA, kalsiyum hidroksit kalıntılarını nötrale etme kabiliyetinde olup bu sayede medikamentin ilerde patla olası bir reaksiyonunun önlenebileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda EDTA şelasyon yaparak kalsiyum hidroksitin irrigasyonla kanaldan çıkmasını kolaylaştırır (Margelos ve ark., 1997).

Kalsiyum hidroksitin kanaldan uzaklaştırılması, toz/taşıyıcı oranından değil, taşıyıcının cinsinden etkilenmektedir (Lambrianidis ve ark 1999; Nandini ve ark., 2006). Özellikle yağ bazlı taşıyıcıların, su bazlı taşıyıcılara göre temizlenmesi zordur

(Nandini ve ark., 2006). Klorheksidinin taşıyıcı olarak kullanıldığı durumlarda, jel formun likit formuna göre temizliğinin zor olduğu belirtilmiştir (Lambrianidis, 2006). Lambrianidis ve ark. (1999), çalışmalarında %42 ve %95 konsantrasyonlarda kalsiyum hidroksit kullanmış ve bu içeriklerin, kök kanal duvarından uzaklaştırılmasında hiçbir etkisi olmadığını bildirmiştir (Lambrianidis ve ark., 1999). Kanaldan tamamen uzaklaştırılamasa bile, el eğesi ile eğeleme irigasyon etkinliğini artırarak kalsiyum hidroksit uzaklaştırmaya katkıda bulunduğu gösterilmiştir (Margelos ve ark., 1997). Patency eğeleme apikal 1/3'lük alandan medikament uzaklaştırmaya yardımcı olduğu da belirtilmiştir (Lambrianidis ve ark., 2006).

Kalsiyum hidroksit kanal duvarından eğelemeyle çıkarılsa bile, kanal içi düzensizliklerden ve girintilerden temizlenememektedir. Bu alanlara ancak irigasyonla ulaşılabilir (Wu ve ark., 2003).

İrrigantlarla tamamen elimine edilemediği anlaşılan kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılması için ultrasonik cihazlar önerilmiştir. Sodyum hipoklorit ve EDTA irigasyonunun, el eğeleme, 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 (Kenee ve ark., 2006).

Özetle, rutin tekniklerle kalsiyum hidroksitin kanaldan tamamen uzaklaştırılamadığı, irigasyon etkinliğinin eğelemeyle nispeten biraz artırılabilirdiği, pasif irigasyona göre ultrasoniklerin daha etkili oldukları belirtilmiştir (Mohammadi ve Dummer, 2011).

Kanal duvarlarında Ca(OH)_2 kalıntılarını tespit etmek için birçok kullanılan teknik mevcuttur. Dijital fotoğraflar (Kenee ve ark., 2006; Tasdemir ve ark., 2011), stereomikroskop (Topçuoğlu ve ark., 2015; Çapar ve ark., 2014), taramalı elektron mikroskopu (Yucel ve ark., 2013), mikro-BT (Wiseman ve ark., 2011) ve spiral BT (Nandini ve ark., 2006) bu tekniklerden bazılarıdır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Örneklerin Seçimi ve Hazırlanması

Bu çalışma, endoaktivatör, geleneksel irrigasyon iğnesi, pasif ultrasonik irrigasyon (PUI), sonik aktivasyon EDDY (EDDY; VDW, Münih, Almanya), XP-endo Finisher (FKG Dentaire. La-Chaux-de-Fonds, İsviçre) sistemlerinin kök kanallarının apikal, orta ve koronal kısımlarındaki kalsiyum hidroksiti uzaklaştırma etkinliklerinin taramalı elektron mikroskobunda (SEM) incelemek amacıyla 75 adet mandibular premolar diş kullanılarak yapılmıştır.

Çalışmamızda insana ait dokuların kullanılması nedeniyle Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Etik Kurulu'ndan etik onay alınmıştır (02.04.2018 tarihli, 124 sayılı karar).

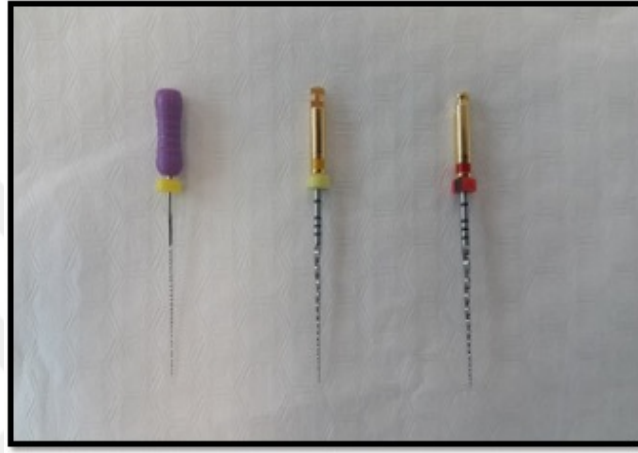
Çalışmamızda kullanılan dişler Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı'ndan temin edilmiştir. Dişlerin kök kanallarına uygulanan biyomekanik ve kimyasal işlemler Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda, kesme işlemi Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi AR-GE laboratuvarında yapılmıştır. Çalışmamızın SEM ile görüntüleme işlemleri ise İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalürji Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölüm Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Periodontal veya ortodontik sebeplerle önceden çekilmiş dişler, deneyin yapılacağı zamana kadar %10 formalin solüsyonunda bekletilmiştir. Kök rezorbsiyonu, çatlak, kırık ya da restorasyon olan dişler çalışmaya dahil edilmemiştir.

Çalışmaya dahil edilen dişler üzerindeki sert ve yumuşak eklentiler, ultrasonik bir cihaz yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Dişler kanal boylarını standardize etmek amacıyla kök ucundan 12 mm ölçülerek su soğutması altında dekontamine edilmiştir. Çalışma boyları, 10 numara K tipi eğenin (Mani, Japonya) apekten görünür hale geldiği uzunluktan 1 mm kısa olarak ayarlanmıştır. 10 numara K tipi eğe ile patensinin sağlanamadığı dişler ile apikal çapı 20 numaralı kanal eğesinden geniş olan dişler

çalışma dışı bırakılmıştır.

Dışler X-Smart Plus Endomotor (Dentsply) kullanılarak Protaper Next (Dentsply Maillefer, #X2) eğeleri ile genişletilmiştir. Her eğe arasında apikal patensi 10 ve 15 nolu eğelerle kontrol edilerek 2 ml %2,5 NaOCl (Werax, İzmir, Türkiye) ile irrigasyon yapılmıştır. Kanallar paper pointlerle (Dentsply, Maillefer) kurutulup kanal içi medikament yerleştirme aşamasına geçilmiştir.



Resim 1. #10 K tipi el eğesi (Mani, Japonya), Protaper Next #X1 ve #X2 kanal eğeleri (Dentsply)



Resim 2. X-Smart Plus Endodontik Motor (Dentsply)

Toz kalsiyum hidroksit (Kalsin, Spot Diş Deposu A.Ş. İzmir, Türkiye) üretici firmanın önerileri doğrultusunda toz ve likidi 1:1 oranında, her 15 örnek için taze hazırlanarak karıştırılmıştır. 25 numara lentülo yardımıyla kök kanallarına yerleştirilmiştir. Örneklerin koronal kısımları pamuk pelet ve 1 mm kalınlığında geçici dolgu maddesi Cavit-G (3M-ESPE, Minnesota, ABD) kapatılmıştır.



Resim 3. Toz kalsiyum hidroksit ve likidi

Örnekler 1 hafta boyunca 37°C ve %100 nemde, ağız ortamında iki seans arasındaki geçen zamanı temsilen etüvde 1 hafta bekletilmiştir. Kalsiyum hidroksit uzaklaştırma işlemlerinden önce, geçici dolgu maddesi ve pamuk pelet dişlerden uzaklaştırılmıştır.

3.2. Kalsiyum Hidroksit Uzaklaştırma

Kalsiyum hidroksit, farklı irrigasyon aktivasyon yöntemleri kullanılarak kanal içerisinden uzaklaştırılmıştır.

Bu gruplar:

Grup 1. İrrigasyon iğnesi (Kontrol Grubu)

Grup 2. Endoaktivatör

Grup 3. Pasif ultrasonik irrigasyon (PUI)

Grup 4. Sonik aktivasyon EDDY

Grup 5. XP-endo Finisher

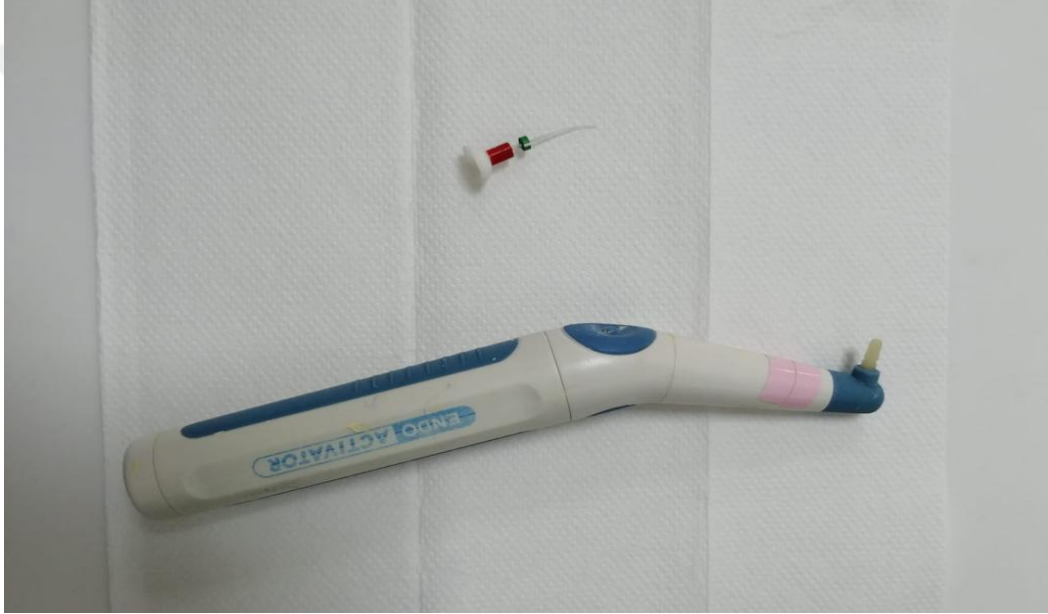
Her grupta 15 adet olmak üzere toplamda 75 adet diş kullanılmıştır.

Grup 1. 15 dişten oluşan bu grup, çalışmada kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. 0.4 mm çapında 30 gauge yandan perfore irrigasyon iğnesi (Set Medikal, İstanbul) kanalda çalışma boyutundan 1 mm kısa olacak şekilde kanala yerleştirildi. 4 ml %2,5 NaOCl (Werax, İzmir, Türkiye) ile irrigasyonun ardından % 17' lik 2 ml EDTA akışı altında, kalsiyum hidroksit uzaklaştırması yapılmıştır. Aktif irrigasyon süresi boyunca şırınga iğnesi ile aşağı-yukarı yönde hareketlerle ajitasyon sağlanmıştır. İrrigasyon iğnesini takiben, 25 numaralı H ege (Mani, Japonya) ile kanallara rekaptülasyon işlemi yapılmıştır. İrrigasyon solüsyonunun kanaldan uzaklaştırılması için kök kanallarına 2 ml distile su uygulanmıştır. Tüm örnekler, kalsiyum hidroksit uzaklaştırılması işlemleri sonunda paper pointlerle (Dentsply, Maillefer) kurutulmuştur.



Resim 4. 30 gauge yandan perfore irrigasyon iğnesi ve 2 ml dental enjektör

Grup 2. Tüm aşamalar kontrol grubundaki gibi gerçekleştirilmiştir. Her solüsyonla irrigasyondan sonra kök kanallarında Endoaktivatör 'ün 25.04 aktivasyon ucu çalışma boyunun 2 mm gerisinde olacak şekilde yerleştirilerek 20 sn boyunca ajitasyon sağlanmıştır. Bu işlem toplamda 3 kere tekrarlanmıştır. Kök kanalına 25 numaralı H eğe yerleştirilerek rekapitülasyon işlemi yapılmıştır. İrrigasyon solüsyonunun kanaldan uzaklaştırılması için kök kanallarına 2 ml distile su uygulanmıştır. Tüm örnekler, kalsiyum hidroksit uzaklaştırılması işlemleri sonunda paper pointlerle (Dentsply, Maillefer) kurutulmuştur. Toplam 60 sn aktivasyon sağlanmıştır.



Resim 5. Endoaktivatör cihazı ve 25.04 aktivasyon ucu

Grup 3. Bu gruba ait 15 dişe de kontrol grubunda final irrigasyonuna kadar yapılan tüm işlemler uygulanmıştır. Daha sonra ultrasonik irrigasyon cihazının (NSK Varios 970 Piezo Engine, Changning District, Shanghai, Çin) 120° açılı eğe tutucu (EMS Piezon DS-010, Nyon, İsviçre) kısmına 25 numaralı K eğe sabitlenmiştir. Eğe, kanaldan 1 mm kısa olacak şekilde kök kanalına yerleştirilmiştir. Kanal içi % 2.5' luk NaOCl ile doldurulmuştur. 2 seferde 20 saniyelik uygulamalarla kanal duvarlarına değmeden, pasif olarak kalsiyum hidroksit uzaklaştırması yapılmıştır. Aynı işlem kök kanalı 20 saniye boyunca % 17' lik 2 ml EDTA ile yıkandıktan sonra tekrarlanmıştır. Pasif ultrasonik irrigasyonu takiben, 25 numaralı H eğe ile kanallara rekapitülasyon

işlemi uygulanmıştır. Final irrigasyonunu takiben 2 ml distile su uygulanmıştır. Tüm örnekler kalsiyum hidroksit uzaklaştırılması işlemleri sonunda paper pointlerle kurutulmuştur.



Resim 6. Ultrasonik İrrigasyon Cihazı

Grup 4. EDDY grubundaki dişler de daha önce belirtilen aktivasyon prosedürüne tabi tutulmuştur. Sistemin poliamid yapıdaki uçları sonik cihaza (MİCRON TA 200 Airscaler, Ikegami, Otaku, Tokyo, Japonya) sabitlenerek kullanılmıştır. Kullanılması için firma kanalın en az #25-0.06 taper'a kadar genişletilmiş olmasını önermektedir, çalışmamızdaki genişletme bu öneriye uygun olarak yapılmıştır.

Ara aşamalarda aktivasyonlar için 10 saniye önerilse de, firma final irrigasyonda etkin temizlik için en az 20-30 saniye aktivasyon önermiştir. Çalışmamızda NaOCl ile 40 saniye ve EDTA ile 20 saniye aktivasyon yapılmıştır.

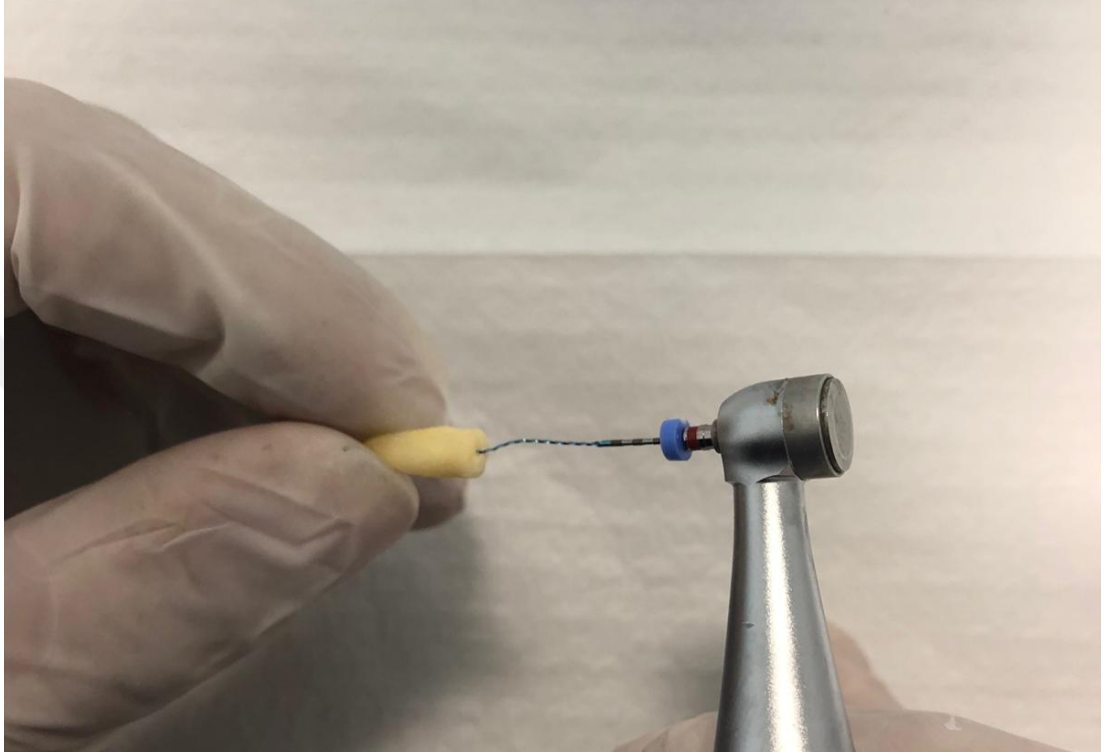
Piyasada steril tek kullanımlık olarak tekli paketlenmiş halde bulunan Eddy uçlar çalışmada her 15 diş için yeni paket açılarak kullanılmıştır. Her aktivasyon arasında uç doğrultusunda bozulma veya apikalinde deformasyon ihtimali kontrol edilmiştir. Final irrigasyonunu takiben 2 ml distile su uygulanmıştır. Tüm örnekler kalsiyum hidroksit uzaklaştırılması işlemleri sonunda paper pointlerle kurutulmuştur.



Resim 7. Sonik cihaza sabitlenmiş poliamid yapıdaki Eddy aktivasyon ucu

Grup 5. XP-Endo Finisher eğesi, tork kontrollü bir motorla (X-Smart Plus, Dentsply) 800 rpm'de çalıştırılmıştır ve üreticinin talimatlarına göre tork 1 Ncm olarak ayarlanmıştır. Kök kanalları %2,5 NaOCl (Werax, İzmir, Türkiye) ile doldurulmuştur ve daha sonra XP-Endo Finisher eğesi çalışma boyuna kadar yerleştirilmiştir. Eğe kanalda 7-8 mm içeri ve dışarı hareketler ile 20 saniye boyunca çalıştırılmıştır. Bu aktivasyon işlemi, NaOCl ve EDTA için toplam 60 saniye uygulanmıştır.

Son yıkama/aktivasyon prosedürleri her bir örnek için toplam 60 saniye sürmüştür ve toplam 6 mL solüsyon kullanılarak yapılmıştır. Bu prosedür sonrası irrigasyon solüsyonlarının etkinliklerine son vermek amacıyla her örnek 2 ml distile su ile yıkanmıştır ve paper pointler ile çalışma boyu aşılmadan kurutulmuştur.



Resim 8. Endodontik motor ile kullanılan XP-endo Finisher eğesi

3.3. SEM cihazı İçin Örneklerin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi

Dişlerin bukkal ve lingual yüzeylerine elmas separe ile su soğutması altında uzun eksene paralel oluklar açılmıştır. Elde edilen oluklara yerleştirilen bir 15 nolu bisturi ucuna çekiç ile vurularak tek hamlede dişlerin ikiye ayrılması sağlanmıştır. İki'den fazla parçaya ayrılan veya kırık hattı düz olmayan örnekler çalışma dışı bırakılmıştır.

Örneklerin kök apeksinden 2 mm (apikal), 6 mm (orta) ve 10 mm (koronal) mesafeden görüntüler alınması planlanmıştır. SEM analizi için, dişler alüminyum kovanlara (Silverpaint; Agar Sci- trific Ltd, Stansted, Essex, İngiltere) sabitlenerek 20 nm'lik bir platin-altın (Polaron Instruments Ltd, Hatfield, İngiltere) tabaka ile

kaplanmıştır ve SEM (JEOL; Musashino, Akishima, Tokyo, Japonya) ile görüntülenmiştir.



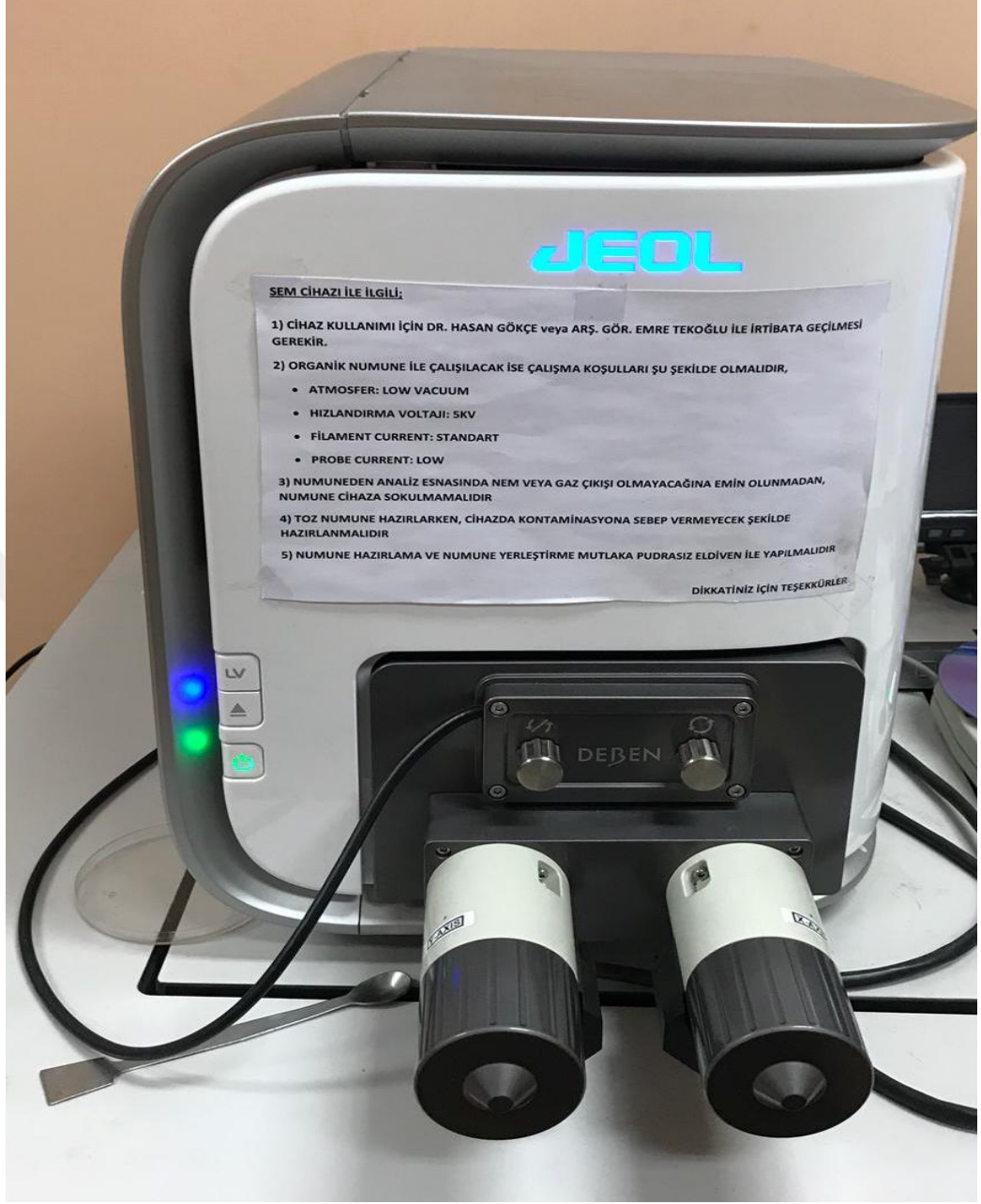
A



B

Resim 9. Örneklerin platin-altın tabaka ile kaplanmamış (A) ve kaplanmış (B) hali

Her numunede incelenen alanın standardize edilmesi için, SEM merkez ışını, 20X büyütme altında operatör tarafından kök kanalının apikal, orta ve koronal ullerinin merkezlerine yönlendirilmiştir. Bu aşamadan sonra büyütme 500X'e çıkarılmıştır ve kanal duvarındaki kalan Ca(OH)_2 miktarını değerlendirmek için SEM görüntülerinden yararlanılmıştır.



Resim 10. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Cihazı

3.4.Skorlama ve İstatiksel Analiz

Kök kanal duvarlarında $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kalıntılarının varlığını değerlendirmek için kullanılan yöntem;

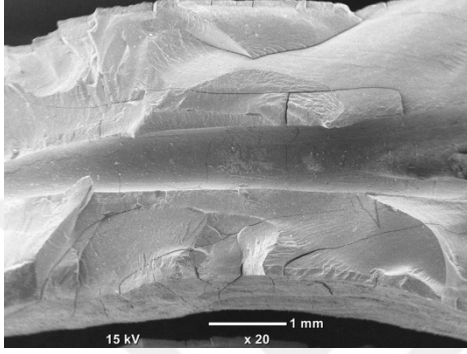
Skor 0: Herhangi bir kalıntı olmaması;

Skor 1: Az miktarda kalıntı CaOH_2 (kanal duvarlarının %20 'sine kadar);

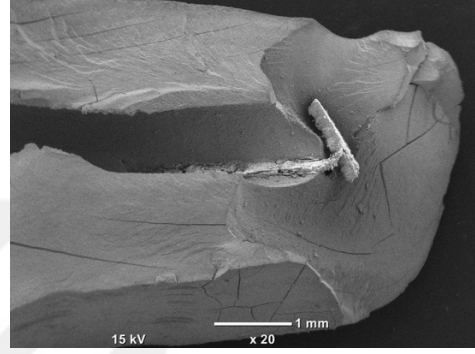
Skor 2: Orta miktarda kalıntı CaOH_2 (kanal duvarlarının %20-60 'ı);

Skor 3: Büyük miktarda kalıntı CaOH_2 (kanal duvarlarının %60 'ından fazlası)

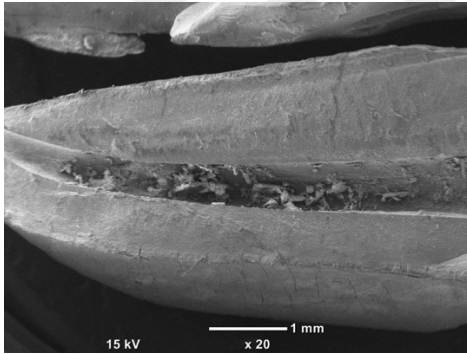
Değerlendirme iki endodontist tarafından bağımsız olarak ve kör bir şekilde yapılmıştır. Skorlar karşılaştırılmıştır ve bir farkın bulunduğu yerlerde, söz konusu örnekler tekrar incelenmiştir.



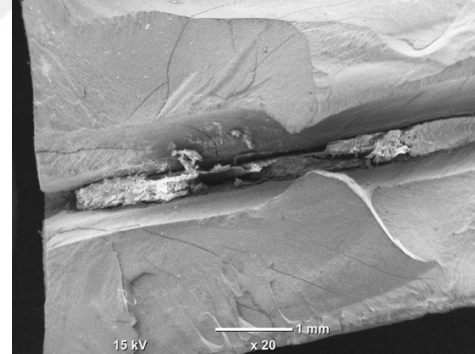
A



B



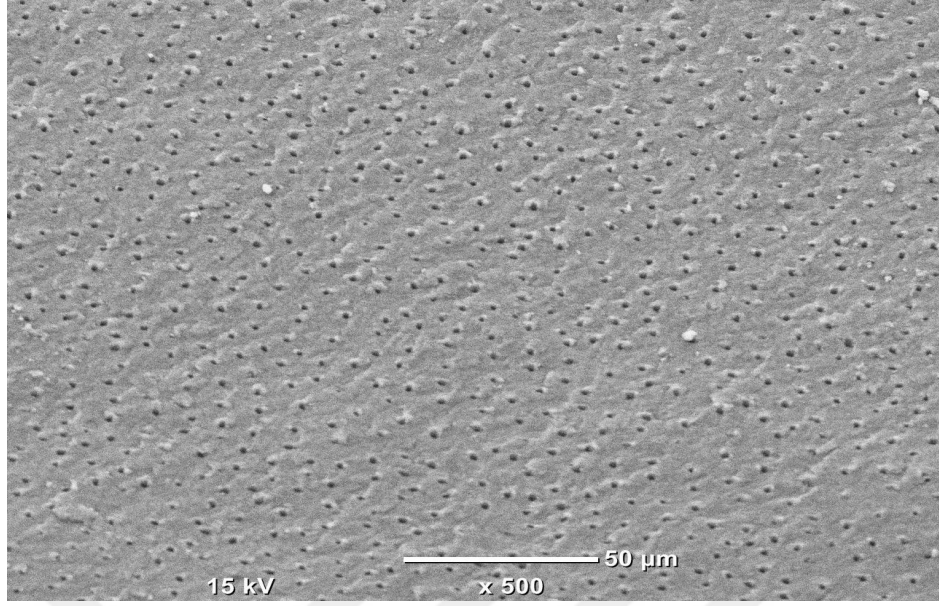
C



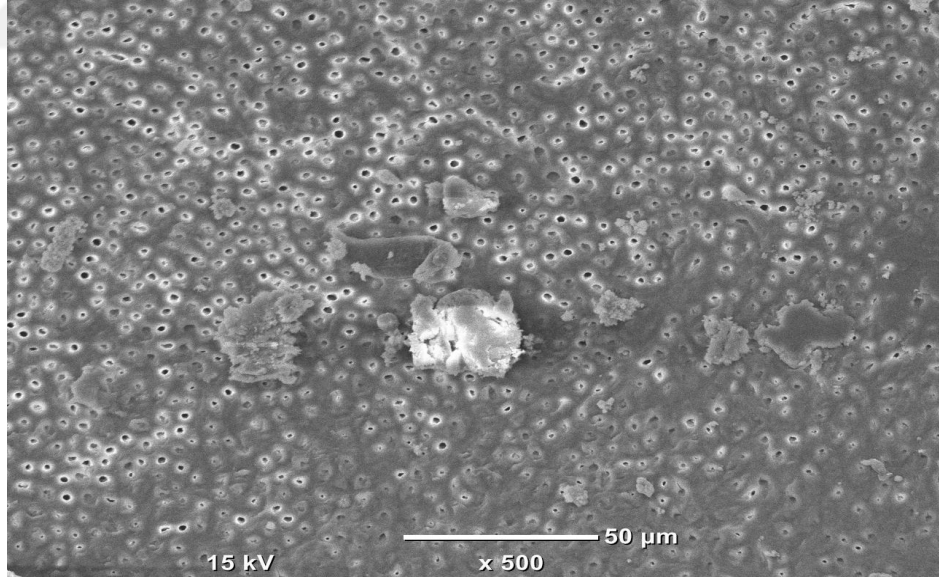
D

Resim 11. Farklı örneklere ait 20X büyütme altındaki SEM görüntüleri (A: Skor 0, B: Skor 1, C: Skor 2, D: Skor 3)

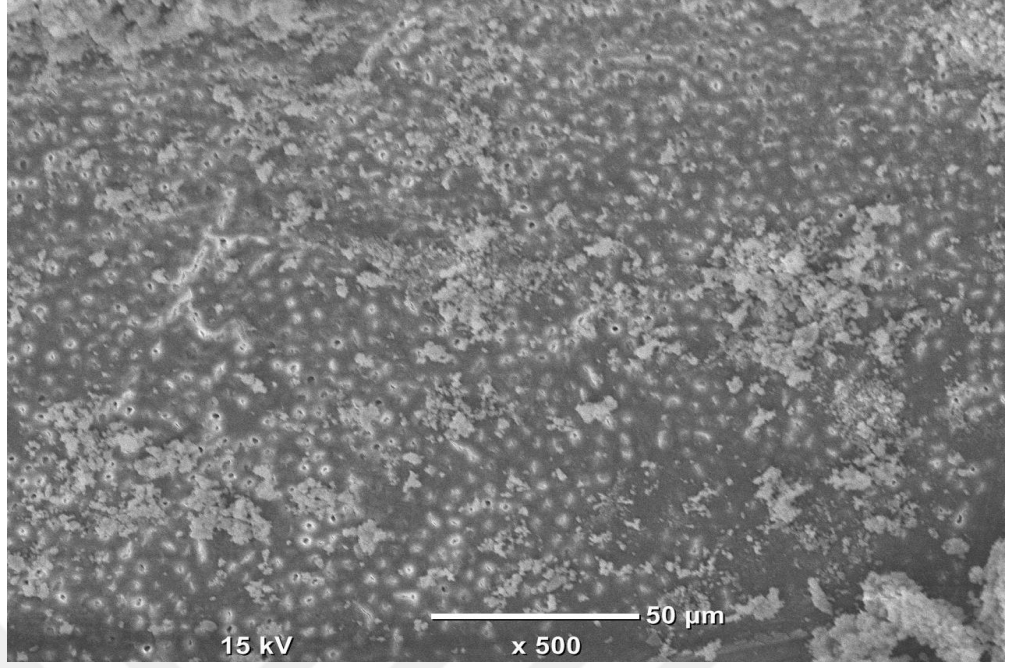
Niceliksel verilerin analizi SPSS Windows 21.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Veriler kategorik yapıda olduğundan Ki-Kare istatistiksel analizi kullanılmıştır. Sonuçlar % 95 güven aralığında, anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.



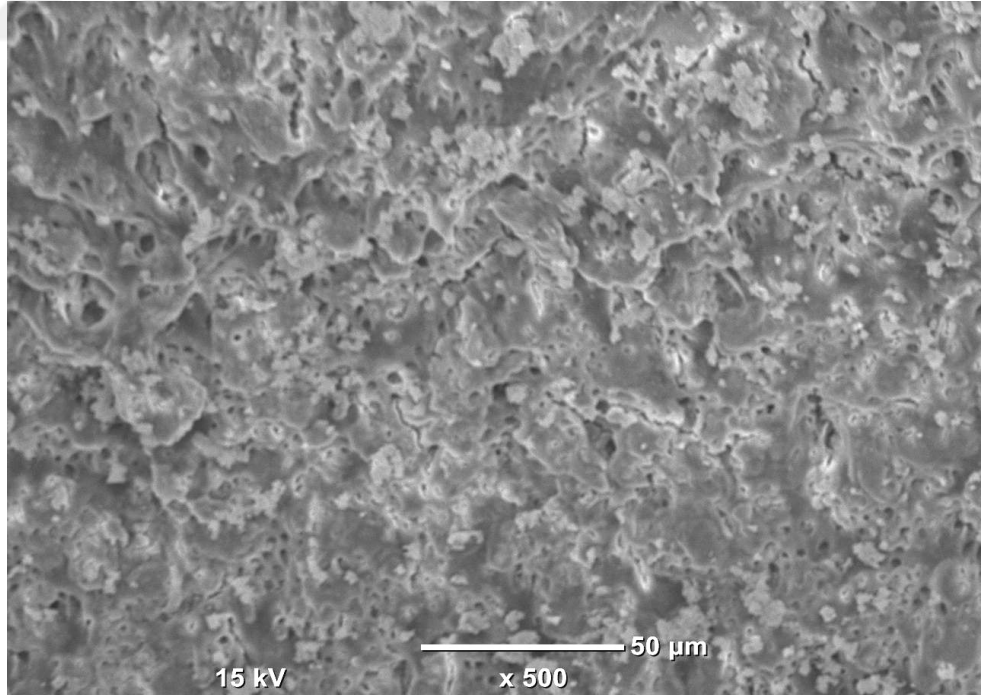
Resim 12. Skor 0 olarak değerlendirilen örneğe ait 500X büyütme altındaki SEM görüntüsü



Resim 13. Skor 1 olarak değerlendirilen örneğe ait 500X büyütme altındaki SEM görüntüsü



Resim 14. Skor 2 olarak değerlendirilen örneğe ait 500X büyütme altındaki SEM görüntüsü



Resim 15. Skor 3 olarak değerlendirilen örneğe ait 500X büyütme altındaki SEM görüntüsü

4. BULGULAR

4.1. İrrigasyon Aktivasyon Yöntemlerine Göre Bulgular

Bu çalışma; endoaktivatör, geleneksel irrigasyon iğnesi, pasif ultrasonik irrigasyon (PUI), sonik aktivasyon EDDY (EDDY; VDW, Münih, Almanya), XP-endo Finisher (FKG Dentaire. La-Chaux-de-Fonds, İsviçre) sistemlerinin kök kanallarının apikal, orta ve koronal kısımlarındaki kalsiyum hidroksiti uzaklaştırma etkinliklerini taramalı elektron mikroskopunda (SEM) incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda 75 adet mandibular premolar diş kullanılmıştır.

Kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntemlerine göre kök kanallarında bulunan kalsiyum hidroksit kalıntıları Tablo 1' de gösterilmiştir.

Tüm İrrigasyon Aktivasyon Sistemleri		Kalsiyum Hidroksit Kalıntı Miktarı			
		Kalıntı Yok	%0- %20 Kalıntı	%20- %60 Kalıntı	%60 ve üzeri Kalıntı
İrrigasyon İğnesi	n	6	22	15	2
	%	13.3%	48.9%	33.3%	4.4%
EndoAktivatör	n	12	20	9	4
	%	26.7%	44.4%	20.0%	8.9%
PUI	n	10	25	7	3
	%	22.2%	55.6%	15.6%	6.7%
EDDY	n	19	22	4	0
	%	42.2%	48.9%	8.9%	0.0%
XP- Endo Finisher	n	26	16	2	1
	%	57.8%	35.6%	4.4%	2.2%
Toplam	n	73	105	37	10
	%	32.4%	46.7%	16.4%	4.4%

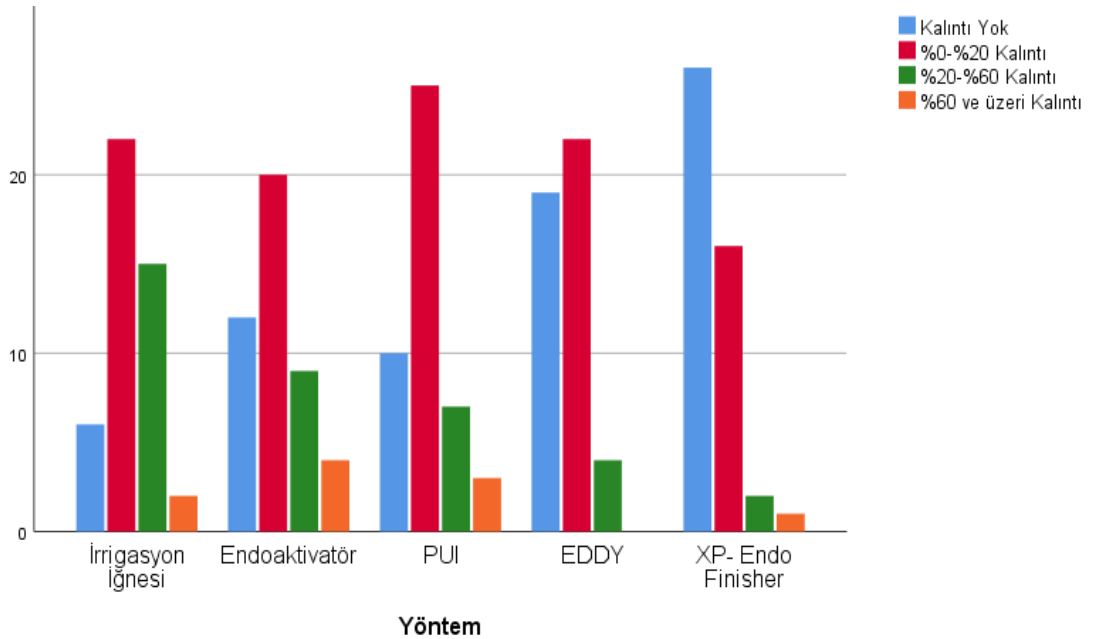
Tablo 1. Kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntemlerine göre kök kanallarında bulunan kalsiyum hidroksit kalıntılarının miktarları (n: örnek sayısı) (p: 0,00)

Kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem grupları ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdesi arasındaki ilişki değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur (p: 0,00) ($p < 0,05$). Kök kanallarından kalsiyum hidroksiti kalıntı bırakmadan uzaklaştıran en etkili yöntemin XP-endo Finisher olduğu görülmüştür. Diğer yöntemler sırasıyla EDDY, Endoaktivatör, PUI ve geleneksel irrigasyon iğnesidir. Irrigasyon iğnesi grubunda 6 örnekte (%13.3), EndoAktivatör grubunda 12 örnekte (%26.7), PUI grubunda 10 örnekte (%22.2), EDDY grubunda 19 örnekte (%42.2), XP-Endo Finisher grubunda 26 örnekte (%57.8) kalsiyum hidroksit kalıntısı bulunamamıştır.

%0-20 arasında kalsiyum hidroksit kalıntısı bulunan örneklerin sayısı çoktan aza doğru sırasıyla PUI, EDDY=İrrigasyon iğnesi, Endoaktivatör ve XP-Endo Finisher grupları olduğu görülmüştür.

%20-60 arasında kalsiyum hidroksit kalıntısı bulunan örnekler ise çoktan aza doğru sırasıyla İrrigasyon iğnesi, Endoaktivatör, PUI, EDDY, XP-endo Finisher gruplarıdır.

%60 üzerinde kalsiyum hidroksit kalıntısı, EDDY grubundaki hiçbir örnekte tespit edilmemiştir. XP-Endo Finisher grubunda 1 örnek, İrrigasyon iğnesi grubunda 2 örnek, PUI grubunda 3 örnek, Endoaktivatör grubunda 4 örnekte saptanmıştır.



Şekil 1. Kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntemlerine göre kök kanallarında bulunan kalsiyum hidroksit kalıntıları

4.2. Kesit Seviyelerine Göre Bulgular

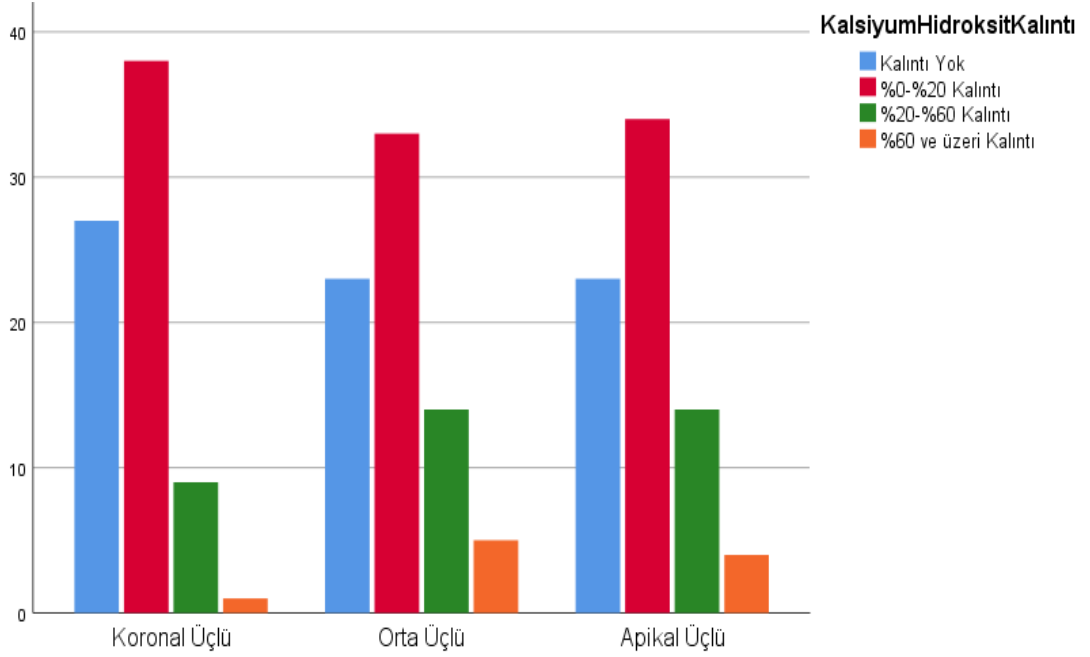
Kesit seviyelerine göre kök kanallarında bulunan kalsiyum hidroksit kalıntıları Tablo 2' de gösterilmiştir. Kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntemleri ile kök kanalının apikal, orta ve koronal bölgelerindeki kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($p: 0,571$) ($p > 0,05$).

			Kalsiyum Hidroksit Kalıntı Miktarı				
			Kalıntı Yok	%0- %20 Kalıntı	%20- %60 Kalıntı	%60 ve üzeri Kalıntı	
Kesit Seviyesi	Koronal Üçlü	n	27	38	9	1	
		%	36.0%	50.7%	12.0%	1.3%	
	Orta Üçlü	n	23	33	14	5	
		%	30.7%	44.0%	18.7%	6.7%	
	Apikal Üçlü	n	23	34	14	4	
		%	30.7%	45.3%	18.7%	5.3%	
	Toplam		n	73	105	37	10
			%	32.4%	46.7%	16.4%	4.4%

Tablo 2. Kesit seviyelerine göre kök kanallarında bulunan kalsiyum hidroksit kalıntıları

İstatistiksel olarak irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında anlamlı bir fark bulunamasa da, örnekler arasında en az kalıntı bulunan kök kesiti koronal üçlüdür. Orta ve apikal üçlüde ise, kalıntı bulunmayan kesit sayısı eşittir. %0-20 arasında kalsiyum hidroksit kalıntısı bulunan kesitler ise, çoktan aza doğru sırasıyla koronal üçlü, apikal üçlü ve orta üçlüdür (apikal üçlü \cong orta üçlü). Ayrıca kalsiyum hidroksit kalıntı seviyeleri karşılaştırıldığında, kök kanallarında en çok %0-20 arasında kalıntı

(%46.7) bulunduğu tespit edilmiştir. %20-60 arasında kalsiyum hidroksit kalıntısı bulunan kesitler çoktan aza doğru sırasıyla apikal üçlü=orta üçlü, koronal üçlüdür. %60 ve üzeri kalsiyum hidroksit kalıntısı bulunan kesit sayısı koronal üçlüde 1 iken, apikal üçlüde 4, orta üçlüde 5'tir. Tüm örneklerin %4.4 ünde, %60 ve üzeri kalsiyum hidroksit kalıntısı tespit edilmiştir.



Şekil 2. Koronal, orta ve apikal üçlüye göre kök kanallarında bulunan kalsiyum hidroksit kalıntıları

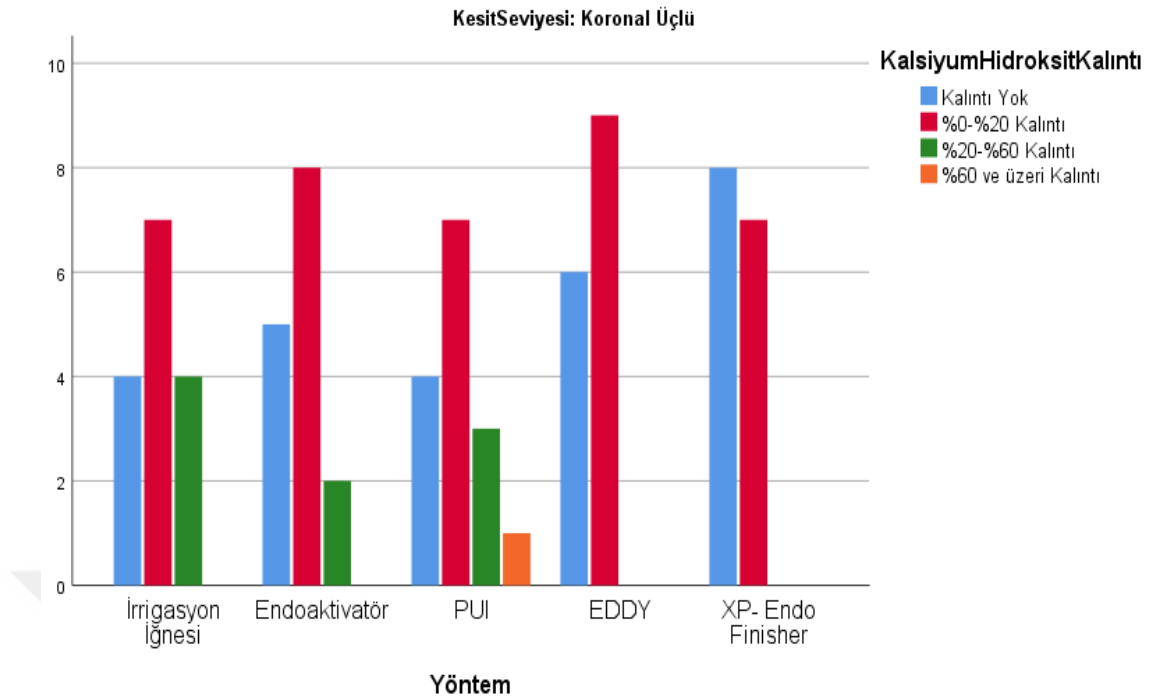
4.3. Koronal Üçlüye Ait Bulgular

Koronal üçlü seviyesinden alınan görüntülerde, kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem grupları arasında kalsiyum hidroksit kalıntısı bulunması açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ($p = 0,327$) ($p > 0,05$). Fakat sonuçlara göre gruplar değerlendirildiğinde, koronal üçlüde kalsiyum hidroksiti uzaklaştırmada etkili iki yöntem XP–Endo Finisher ve EDDY' dir.

PUI dışındaki gruplarda, %60 ve üzeri kalıntı içeren örnek bulunmamaktadır. XP–Endo Finisher ve EDDY gruplarında koronal üçlüde %20 üzerinde kalıntı bulunan örnek tespit edilmemiştir.

Tüm İrrigasyon Aktivasyon Sistemleri (Koronal Üçlü)			Kalsiyum Hidroksit Kalıntı Miktarı				
			Kalıntı Yok	%0-20 Kalıntı	%20-60 Kalıntı	%60 ve üzeri Kalıntı	
Yöntem	İrrigasyon İğnesi	n	4	7	4	0	
		%	26.7%	46.7%	26.7%	0.0%	
	Endoaktivatör	n	5	8	2	0	
		%	33.3%	53.3%	13.3%	0.0%	
	PUI	n	4	7	3	1	
		%	26.7%	46.7%	20.0%	6.7%	
	EDDY	n	6	9	0	0	
		%	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%	
	XP- Endo Finisher	n	8	7	0	0	
		%	53.3%	46.7%	0.0%	0.0%	
	Toplam		n	27	38	9	1
			%	36.0%	50.7%	12.0%	1.3%

Tablo 3. Koronal üçlü seviyesinden alınan görüntülerde, kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem gruplarına göre kalsiyum hidroksit kalıntı miktarları



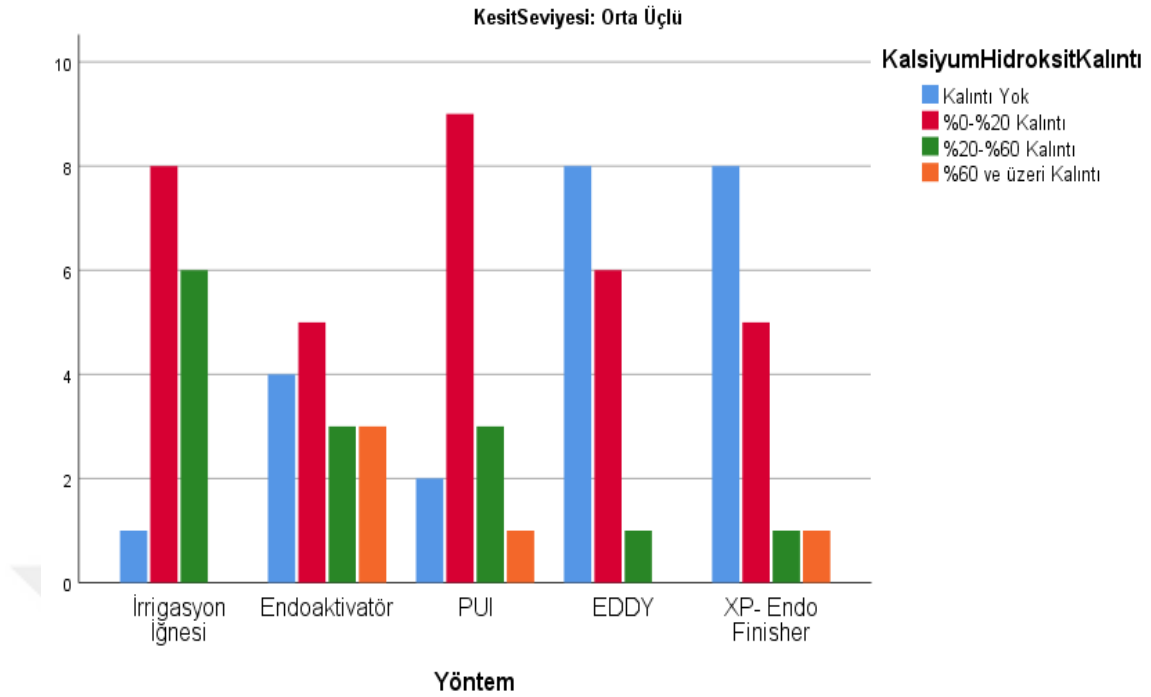
Şekil 3. Koronal üçlü seviyesinden alınan görüntülerde, kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem grupları ve kalsiyum hidroksit kalıntısı ilişkisi

4.4. Orta Üçlüye Ait Bulgular

Orta üçlü seviyesinden alınan görüntülerde, kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem grupları arasında kalsiyum hidroksit kalıntısı bulunması açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p: 0,025$) ($p < 0,05$). Orta üçlü seviyesinde kalsiyum hidroksit uzaklaştırmada en etkili yöntemin EDDY olduğu saptanmıştır. EDDY grubunu, sırasıyla XP-Endo Finisher, PUI, Endoaktivatör ve İrrigasyon İğnesi takip etmektedir. EDDY grubunda, %60 ve üzeri kalıntı içeren örnek tespit edilmemiştir.

Tüm İrrigasyon Aktivasyon Sistemleri (Orta Üçlü)		Kalsiyum Hidroksit Kalıntı Miktarı			
		Kalıntı Yok	%0-20 Kalıntı	%20-%60 Kalıntı	%60 ve üzeri Kalıntı
İrrigasyon İğnesi	n	1	8	6	0
	%	6.7%	53.3%	40.0%	0.0%
Endoaktivatör	n	4	5	3	3
	%	26.7%	33.3%	20.0%	20.0%
PUI	n	2	9	3	1
	%	13.3%	60.0%	20.0%	6.7%
EDDY	n	8	6	1	0
	%	53.3%	40.0%	6.7%	0.0%
XP- Endo Finisher	n	8	5	1	1
	%	53.3%	33.3%	6.7%	6.7%
Toplam	n	23	33	14	5
	%	30.7%	44.0%	18.7%	6.7%

Tablo 4. Orta üçlü seviyesinden alınan görüntülerde, kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem grupları arasında kalsiyum hidroksit kalıntı miktarları



Şekil 4. Orta üçlü seviyesinden alınan görüntülerde, kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem grupları ve kalsiyum hidroksit kalıntısı ilişkisi

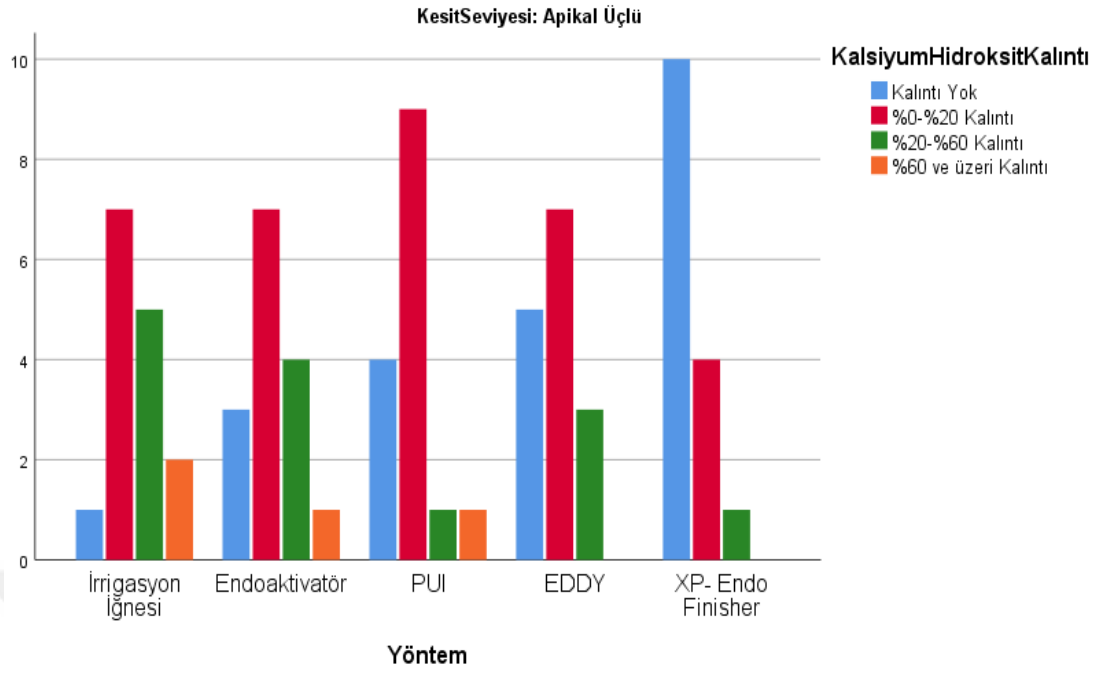
4.5. Apikal Üçlüye Ait Bulgular

Apikal üçlü seviyesinden alınan görüntülerde, kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem grupları arasında kalsiyum hidroksit kalıntısı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ($p: 0,071$) ($p > 0,05$). Fakat sonuçlara göre gruplar değerlendirildiğinde, sırasıyla, XP–endo Finisher, EDDY, PUI, Endoaktivatör ve İrrigasyon iğnesi gruplarının kalsiyum hidroksiti kök kanalından uzaklaştırmada etkili olduğu görülmüştür. XP–endo Finisher ve EDDY gruplarında apikal üçlüde %60 ve üzeri kalıntı bulunan örnek tespit edilmemiştir. XP–endo Finisher grubunda 10 örnekte kalıntı bulunamamıştır.

Apikal üçlüye ait bulgular, Tablo 5’ de gösterilmiştir.

Tüm İrrigasyon Aktivasyon Sistemleri (Apikal Üçlü)			Kalsiyum Hidroksit Kalıntı Miktarı				
			Kalıntı Yok	%0- %20 Kalıntı	%20- %60 Kalıntı	%60 ve Üzeri Kalıntı	
Yöntem	İrrigasyon İğnesi	n	1	7	5	2	
		%	6.7%	46.7%	33.3%	13.3%	
	Endoaktivatör	n	3	7	4	1	
		%	20.0%	46.7%	26.7%	6.7%	
	PUI	n	4	9	1	1	
		%	26.7%	60.0%	6.7%	6.7%	
	EDDY	n	5	7	3	0	
		%	33.3%	46.7%	20.0%	0.0%	
	XP- Endo Finisher	n	10	4	1	0	
		%	66.7%	26.7%	6.7%	0.0%	
	Toplam		n	23	34	14	4
			%	30.7%	45.3%	18.7%	5.3%

Tablo 5. Apikal üçlü seviyesinden alınan görüntülerde, kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem grupları arasında kalsiyum hidroksit kalıntı bulunma miktarları



Şekil 5. Apikal üçlü seviyesinden alınan görüntülerde, kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem grupları ve kalsiyum hidroksit kalıntısı ilişkisi

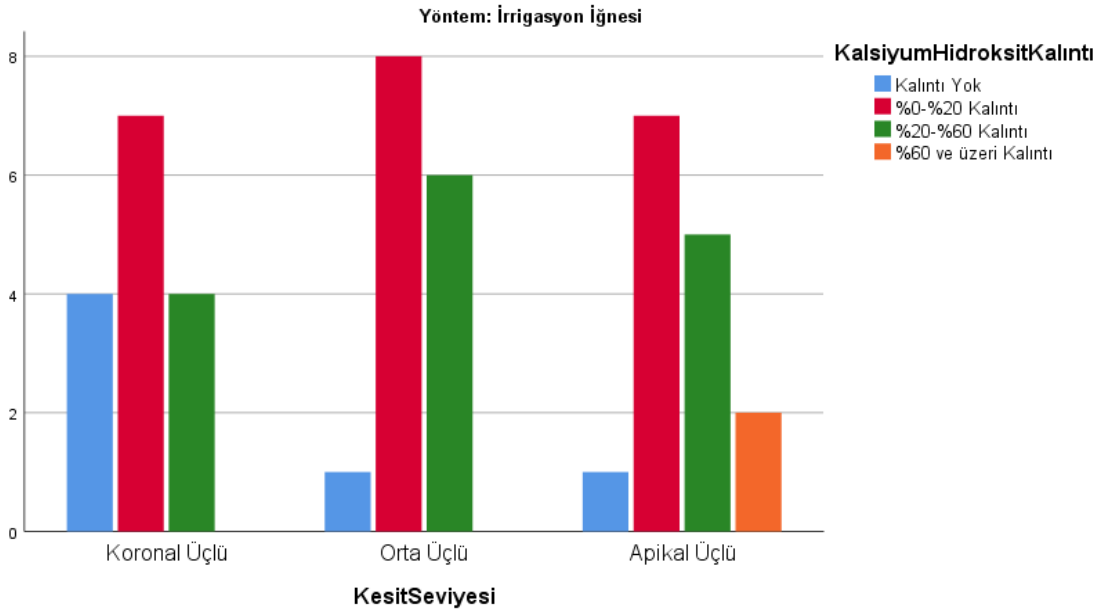
4.6. İrrigasyon İğnesi Grubuna Ait Bulgular

İrrigasyon iğnesi kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kök kanalında bulunan kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($p: 0,278$) ($p>0,05$). Koronal üçlü ve orta üçlü seviyelerinde, %60 ve üzeri kalıntı bulunan örnek tespit edilememiştir. Bu grupta bulunan kök kanallarına ait kesit görüntülerinin %48.9'un da %0-20 arasında kalıntı, %13.3'ün de 0 kalıntı, %33.3' ün de %20-%60 kalıntı bulunmuştur.

İrrigasyon iğnesi kullanılan gruba ait tüm bulgular Tablo 6' da gösterilmektedir.

İrrigasyon İğnesi Grubu			Kalsiyum Hidroksit Kalıntı Miktarı			
			Kalıntı Yok	%0- %20 Kalıntı	%20- %60 Kalıntı	%60 ve üzeri Kalıntı
Kesit Seviyesi	Koronal Üçlü	n	4	7	4	0
		%	26.7%	46.7%	26.7%	0.0%
	Orta Üçlü	n	1	8	6	0
		%	6.7%	53.3%	40.0%	0.0%
	Apikal Üçlü	n	1	7	5	2
		%	6.7%	46.7%	33.3%	13.3%
Toplam		n	6	22	15	2
		%	13.3%	48.9%	33.3%	4.4%

Tablo 6. İrrigasyon iğnesi kullanılan gruba ait kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı bulunma yüzdeleri arasındaki ilişki



Şekil 6. İrrigasyon iğnesi kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdesi arasındaki ilişki

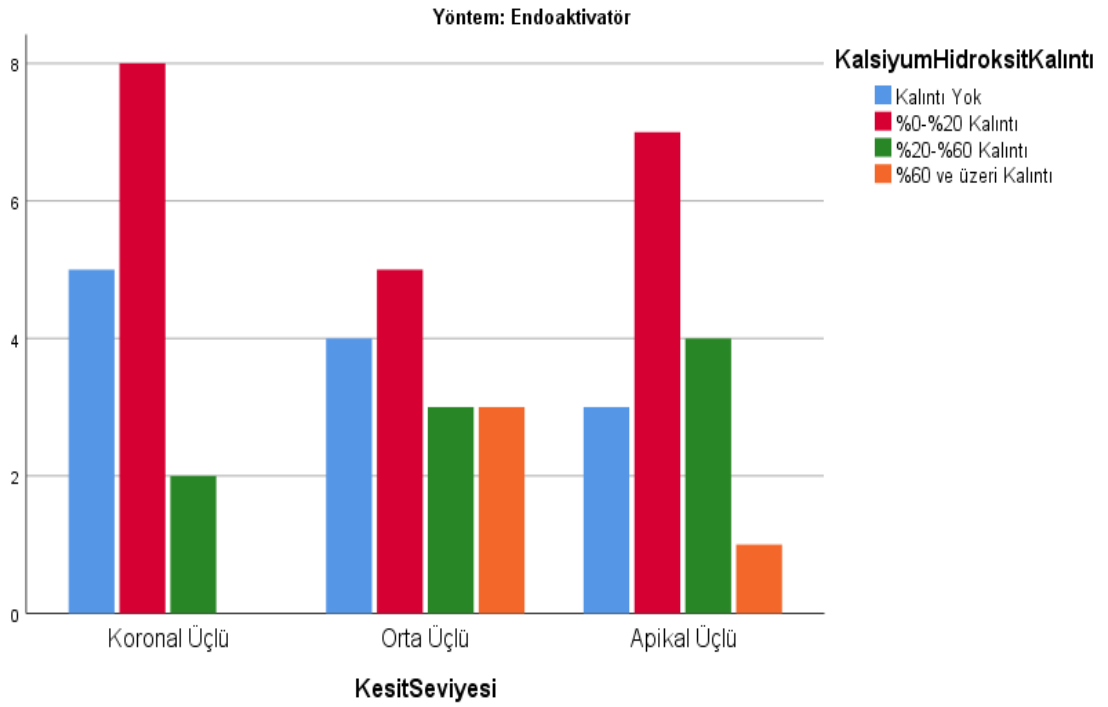
4.7. EndoAktivatör Grubuna Ait Bulgular

EndoAktivatör kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı bulunma yüzdesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır (p: 0,498) ($p > 0,05$). Bu gruba ait kesit görüntülerinin %44.4'ün de %0-20 arasında kalıntı, %26.7'sin de 0 kalıntı, %20.0' in da %20-%60 kalıntı bulunmuştur. Koronal üçlü seviyesinde, %60 ve üzeri kalıntı kalsiyum hidroksit bulunan örnek tespit edilememiştir.

EndoAktivatör kullanılan gruba ait tüm bulgular Tablo 7' de gösterilmektedir.

EndoAktivatör Grubu			Kalsiyum Hidroksit Kalıntı Miktarı			
			Kalıntı Yok	%0- %20 Kalıntı	%20- %60 Kalıntı	%60 ve üzeri Kalıntı
Kesit Seviyesi	Koronal Üçlü	n	5	8	2	0
		%	33.3%	53.3%	13.3%	0.0%
	Orta Üçlü	n	4	5	3	3
		%	26.7%	33.3%	20.0%	20.0%
	Apikal Üçlü	n	3	7	4	1
		%	20.0%	46.7%	26.7%	6.7%
Toplam		n	12	20	9	4
		%	26.7%	44.4%	20.0%	8.9%

Tablo 7. Endoaktivatör kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdeleri arasındaki ilişki



Şekil 7. Endoaktivatör kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdesi arasındaki ilişki

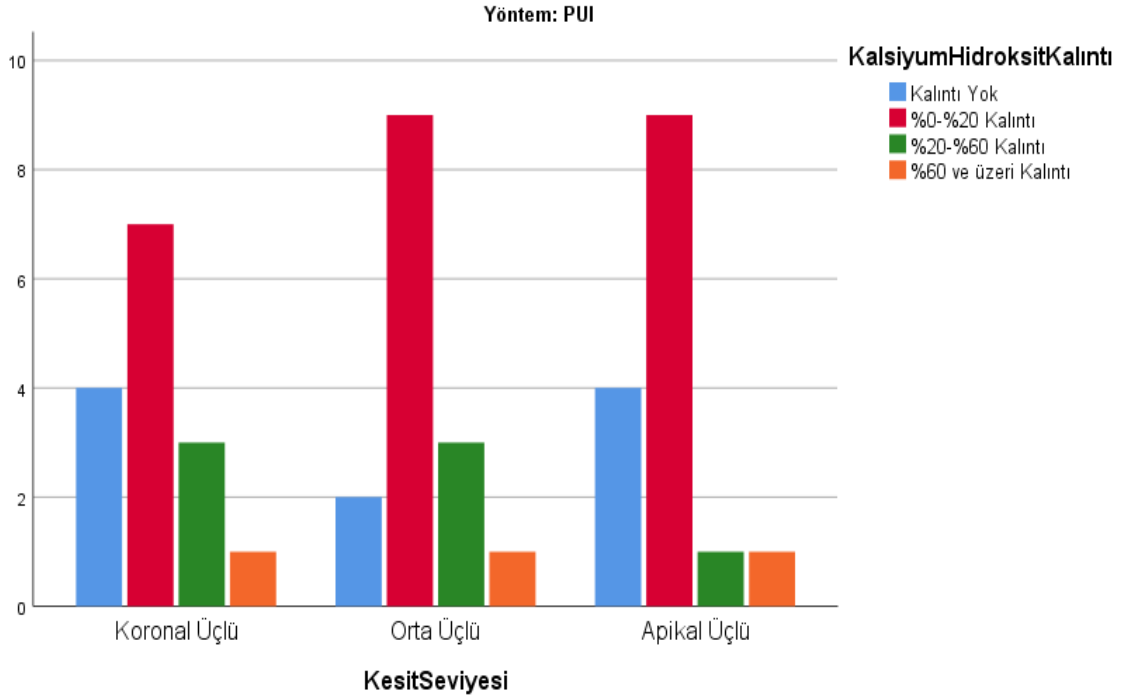
4.8. Pasif Ultrasonik İrrigasyon Grubuna Ait Bulgular

PUI kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı bulunma yüzdesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($p = 0,894$) ($p > 0,05$). Bu gruba ait kesit görüntülerinin %22.2'sinde 0 kalıntı, %55.6'sında %0-20 arasında kalıntı, %15.6' sında %20-%60 kalıntı bulunmuştur. PUI grubunda koronal üçlüde %60 ve üzeri kalsiyum hidroksit kalıntısı içeren %6.7 oranında örnek tespit edilmiştir.

PUI kullanılan gruba ait tüm bulgular Tablo 8'de gösterilmektedir.

PUI Grubu			Kalsiyum Hidroksit Kalıntı Miktarı			
			Kalıntı Yok	%0- %20 Kalıntı	%20- %60 Kalıntı	%60 ve üzeri Kalıntı
Kesit Seviyesi	Koronal Üçlü	n	4	7	3	1
		%	26.7%	46.7%	20.0%	6.7%
	Orta Üçlü	n	2	9	3	1
		%	13.3%	60.0%	20.0%	6.7%
	Apikal Üçlü	n	4	9	1	1
		%	26.7%	60.0%	6.7%	6.7%
Toplam		n	10	25	7	3
		%	22.2%	55.6%	15.6%	6.7%

Tablo 8. PUI kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdeleri



Şekil 8. PUI kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdesi arasındaki ilişki

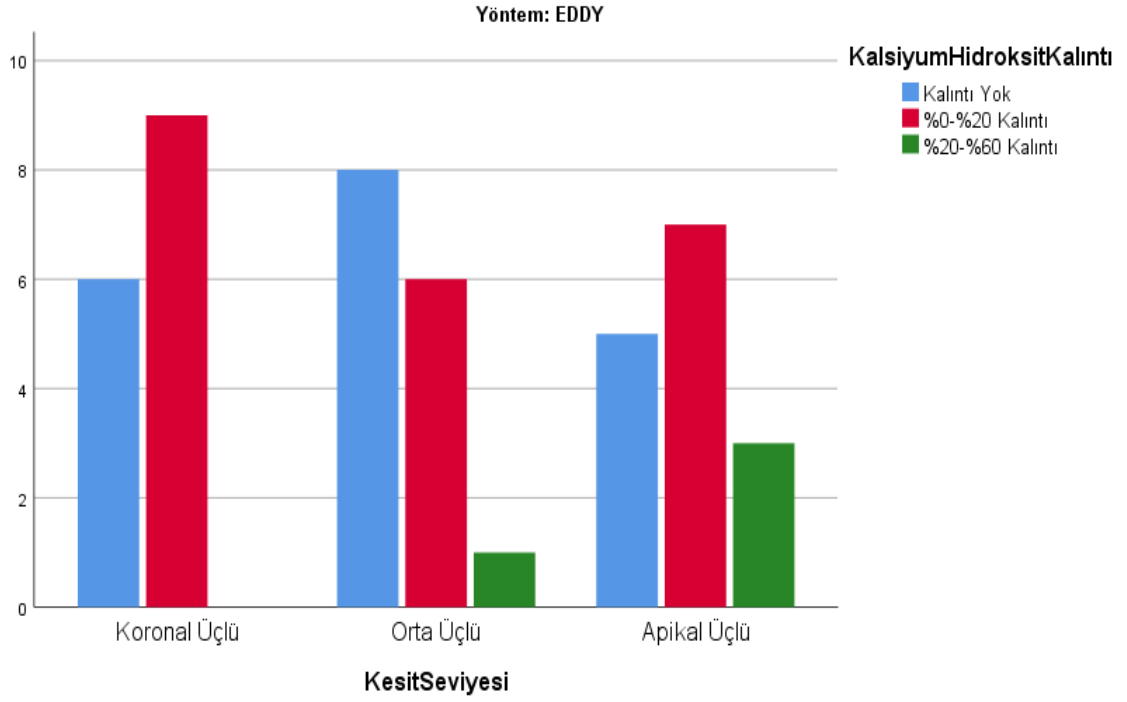
4.9. EDDY Grubuna Ait Bulgular

EDDY kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntısı bulunma yüzdesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($p = 0,301$) ($p > 0,05$). Bu gruba ait kesit görüntülerinin %48.9'un da %0-20 arasında kalıntı, %42.2'sin de 0 kalıntı, %8.9' un da %20-%60 kalıntı bulunmuştur. %60 ve üzeri kalıntı içeren örnek hiçbir kesitte tespit edilememiştir.

EDDY kullanılan gruba ait tüm bulgular Tablo 9'da gösterilmektedir.

EDDY Grubu			Kalsiyum Hidroksit Kalıntı Miktarı		
			Kalıntı Yok	%0-%20 Kalıntı	%20-%60 Kalıntı
Kesit Seviyesi	Koronal Üçlü	n	6	9	0
		%	40.0%	60.0%	0.0%
	Orta Üçlü	n	8	6	1
		%	53.3%	40.0%	6.7%
	Apikal Üçlü	n	5	7	3
		%	33.3%	46.7%	20.0%
Toplam		n	19	22	4
		%	42.2%	48.9%	8.9%

Tablo 9. EDDY kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdeleri arasındaki ilişki



Şekil 9. EDDY kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdesi arasındaki ilişki

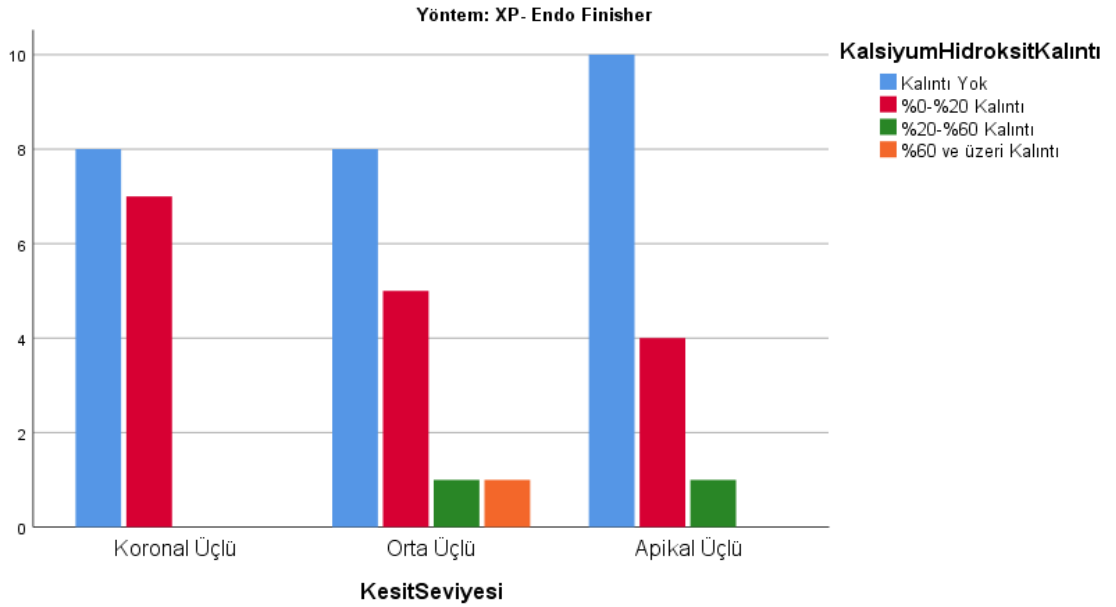
4.10. XP-Endo Finisher Grubuna Ait Bulgular

XP-endo Finisher kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntısı bulunma yüzdesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($p: 0,652$) ($p > 0,05$). Orta üçlü seviyesi haricinde, %60 ve üzeri kalıntı içeren örnek tespit edilmemiştir. Örneklerin %57.8' in de 0 kalıntı, %35.6'sın da %0-20 kalıntı, %4.4' ün de %20-60 kalıntı tespit edilmiştir.

XP-endo Finisher grubuna ait bulgular Tablo 10' da gösterilmektedir.

XP-endo Finisher Grubu			Kalsiyum Hidroksit Kalıntı Miktarı			
			Kalıntı Yok	%0- %20 Kalıntı	%20- %60 Kalıntı	%60 ve üzeri Kalıntı
Kesit Seviyesi	Koronal Üçlü	n	8	7	0	0
		%	53.3%	46.7%	0.0%	0.0%
	Orta Üçlü	n	8	5	1	1
		%	53.3%	33.3%	6.7%	6.7%
	Apikal Üçlü	n	10	4	1	0
		%	66.7%	26.7%	6.7%	0.0%
Toplam		n	26	16	2	1
		%	57.8%	35.6%	4.4%	2.2%

Tablo 10. XP-endo Finisher kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdeleri arasındaki ilişki



Şekil 10. XP-endo Finisher kullanılan grupta kesit seviyeleri ile kalsiyum hidroksit kalıntı yüzdesi arasındaki ilişki

5. TARTIŞMA

Kök kanallarında mevcut olan mikroorganizmaların sayısının azaltılması veya ortadan kaldırılması, endodontik tedavinin temel amaçlarından biri olarak kabul edilmektedir (Bystrom ve Sundqvist, 1981). Kök kanallarının dezenfeksiyonun sağlanmasında rolü olan irrigasyon yani yıkama işlemi, mekanik olarak ulaşılabilen alanların ötesinde bir temizlik sağladığı için kök kanal tedavisinin vazgeçilmez bir parçası olarak kabul edilmektedir (Svec ve Harrison, 1977). İdeal irrigasyonun sağlanması amacıyla günümüze kadar bir çok irrigasyon solüsyonu ve bu solüsyonların etkinliğini arttırmak amacıyla aktivasyon yöntemleri kullanılmıştır (Rödig ve ark., 2010; Tronstad ve ark., 1985; Hulsmann ve ark., 2005; Li ve ark. 2015; DiVito ve ark., 2012; Saghiri ve ark., 2012).

Sodyum hipoklorit antibakteriyel etkinliği ve doku çözme kabiliyetinden dolayı günümüzde hala ilk tercih edilen irrigasyon solüsyonudur (Byström ve Sunvqvist, 1985). NaOCl' in organik dokuyu çözme, EDTA' nın ise inorganik dokuyu uzaklaştırması nedeniyle kök kanallarında biyomekanik işlem esnasında oluşan smear tabakasının uzaklaştırılmasında NaOCl ve EDTA birlikte kullanılmaktadır (Cengiz ve ark., 1990). Bu sebeplerden dolayı çalışmamızda irrigasyon solüsyonu olarak NaOCl ve EDTA tercih edilmiştir.

Kalsiyum hidroksit, antibakteriyel etkisi ve organik doku çözücü özellikleri nedeniyle endodontik tedavinin seansları arasında en yaygın kullanılan kanal içi medikament olarak hala güncelliğini korumaktadır (Teixeira ve ark., 2005). Yapılan çalışmalarda iki seans arasında kök kanalında bekletmek suretiyle özellikle apikal periodontitis vakalarında; doku çözmesi, antibakteriyel etkinliği ve lipopolisakkarit degradasyonu özelliklerinin kombinasyonundan dolayı tercih edilmektedir (Hasselgren ve ark., 1988; Sjögren ve ark., 1991; Safavi ve Nichols, 1993). Kanal içinde en az 1 hafta bekletilmek suretiyle kanal içi bakterilerde azalma olduğu bildirilmektedir (Sjögren ve ark., 1991). Bizim çalışmamızda kullanılan kalsiyum hidroksit kök kanallarında bir hafta süreyle bekletildi.

Lambrianidis ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada hermetik bir kök kanal dolumu

sağlayabilmek için kalsiyum hidroksitin kök kanalından tamamen uzaklaştırılması gerektiğini bildirmişlerdir. Hulsmann ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada mevcut enstrümantasyon teknikleri ile kalsiyum hidroksitin tamamen uzaklaştırılmış olduğu bir kök kanal sisteminin bulunmadığını bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızdaki amaç günümüzde en yaygın kullanılan irrigasyon aktivasyon sistemlerinin kök kanalından kalsiyum hidroksiti uzaklaştırmadaki etkinliklerini araştırmaktır. Çalışmamızda tüm aktivasyon sistemlerine ait örneklerin kesitlerinde sadece %32.4'ünde kalsiyum hidroksit kalıntısı bulunmadığı tespit edilmiştir. Sadece XP-endo Finisher' da 5 örnekte ve EDDY aktivasyon sisteminde ise 2 örnekte kalsiyum hidroksitin tamamen kök kanal sisteminden temizlendiği tespit edilmiştir. Biz bu sonuçları EDDY' nin salınım gücünün yüksek olmasına, XP-endo Finisher' ın ise vücut sıcaklığında austenitik faza geçip şekil değiştirdiği (spoon shape) için kanal içinde çalıştırıldığında irrigasyon solüsyonunu diğer yöntemlerden daha fazla hareket ettirmesine bağlı olduğunu düşünmekteyiz.

Kök kanal duvarlarında Ca(OH)_2 kalıntılarını tespit etmek için kullanılan birçok teknik mevcuttur. Dijital fotoğraflar (Kenee ve ark., 2006; Tasdemir ve ark., 2011), stereomikroskop (Topçuoğlu ve ark., 2015; Çapar ve ark., 2014), taramalı elektron mikroskopu (Yucel ve ark., 2013), mikro-BT (Wiseman ve ark., 2011) ve spiral BT (Nandini S ve ark., 2006) bu tekniklerden bazılarıdır. Araştırmalarda, taramalı elektron mikroskopunun Ca(OH)_2 ' in kök kanal duvarlarından uzaklaştırılmasının tespiti konusunda güvenilir bir yöntem olduğu vurgulanmıştır (Salgado RJC ve ark., 2009; Kuga MC ve ark., 2009). Bizim çalışmamızda da taramalı elektron mikroskopu (SEM), kök kanallarındaki mevcut kalsiyum hidroksit artığını tespit etmek için tercih edilmiştir.

Pasif ultrasonik irrigasyonun (PUI), ultrasonik enstrümantasyonla eşzamanlı kullanılan ultrasonik irrigasyon işlemine göre smear tabakasını kaldırmada daha etkili olduğu görülmüştür (Cheung ve Stock, 1993). Ultrasonikler hem akustik etki hem kavitasyon meydana getirmektedir (Ahmad ve ark., 1988). Duvarla daha az temas sağlaması için küçük boyutlu eğelerin yüksek güçteki ultrasoniklerle kullanımı önerilmektedir (Ahmad ve ark., 1987; Jensen ve ark., 1999). Çok dar veya kıvrımlı kanallarda ultrasonik uç engellere takılacağından temizleme etkinliğine fazla

katkı sağlayamayacağı bildirilmiştir (Jensen ve ark., 1999; Usman ve ark., 2004). Ultrasonik aktivasyon etkinliğinin en fazla olabilmesi için genişletme işlemleri bitmiş ve geniş-düz kanallarda kullanılması önerilmiştir (Sluis ve ark., 2005). Çalışmamızda düz kanallı alt premolar dişle tercih edilerek, PUI 'nin etkinliğinin doğru tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Wiseman ve ark. (2011), 17 mL 6% NaOCl, 3 mL 14% EDTA ve ardından 3 mL 6% NaOCl kullanarak mandibular molar dişlerin mesial kök kanalında Endoaktivatör ve pasif ultrasonik irrigasyonun (PUI) kalsiyum hidroksit uzaklaştırma etkinliğini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda, PUI' nin EndoAktivatör' den üstün olduğu bildirilmiştir. Bunun nedenini ise, PUI grubunda irrigantın yüksek akış hızı sayesinde daha fazla kalsiyum hidroksit uzaklaştırması olarak açıklamışlardır. Bizim çalışmamızda ise %60 ve üzerinde kalsiyum hidroksit kalıntısı kalma miktarına göre kıyaslama yapıldığında, sonik bir aktivasyon yöntemi olan EDDY grubundaki hiçbir örnekte bu miktarda kalıntı tespit edilememiştir. Ultrasonik yöntem olan PUI grubunda 3 örnek; sonik aktivasyon yöntemi olan Endoaktivatör grubunda ise 4 örnekte %60 ve üzerinde kalsiyum hidroksit kalıntısı saptanmıştır. Sonik ve ultrasonik sistemler birbirleri ile kıyaslandığında, %0-20 arasında kalsiyum hidroksit kalıntısı bulunan örneklerin sayısı çoktan aza doğru sırasıyla PUI, EDDY, Endoaktivatör; %20-60 arasında kalsiyum hidroksit kalıntısı bulunan örnekler ise çoktan aza doğru sırasıyla Endoaktivatör, PUI ve EDDY gruplarındadır. EDDY, PUI ve EndoAktivatör ile karşılaştırıldığında yüksek salınım özelliği nedeniyle kalsiyum hidroksitin kök kanalından uzaklaştırılmasında daha başarılıdır.

Geleneksel iğne irrigasyonu ile PUI' nin karşılaştırıldığı çalışmalarda ise, PUI, kök kanal sisteminden daha fazla organik doku, planktonik bakteri ve dentin debris uzaklaştırdığı için kök kanal sistemini temizlemenin önemli bir tamamlayıcısı olabileceği bildirilmiştir (Wiseman ve ark., 2011) (van der Sluis ve ark., 2007). Çalışmamızda da PUI' nin geleneksel irrigasyona göre daha başarılı olduğu gözlenmiştir.

XP-endo Finisher ve PUI' nin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada, dişlerin apikal üçlüsündeki yapay oluklardan kalsiyum hidroksiti uzaklaştırma potansiyeli

değerlendirilmiştir. Her iki yöntemin de bir dakikalık aktivasyondan sonra kalsiyum hidroksitin yapay oluklardan tamamen uzaklaştıramadığını ve aralarındaki farkın anlamlı olmadığı gösterilmiştir (Wigler R ve ark., 2017). Bizim çalışmamızda, apikal bölge seviyesinden alınan görüntülerde, kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem grupları arasında kalsiyum hidroksit kalıntısı bulunma açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ($p: 0,071$) ($p > 0,05$). Bizim bulgularımız, bu çalışmanın sonuçları ile uyum göstermektedir.

Yeni bir sonik sistem olan EDDY aktivasyon uçları ile ilgili çok az çalışma bulunmaktadır (Neuhaus ve ark., 2016; Urban ve ark., 2017; Conde ve ark., 2016). Conde ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada sodyum hipokloritin kök kanalından organik doku çözme etkinliğine katkısı incelenmiş EDDY, PUI ve endoaktivatörün eşdeğer bir şekilde doku çözme etkinliği arttırdığını saptamışlardır. Urban ve ark. (2017), düz kanalların koronal, orta ve apikal alanlarında sodyum hipokloritin debris uzaklaştırma etkinliğini SEM’ de incelemişlerdir. Endoaktivator, EDDY ve pasif ultrasonik irrigasyonun manuel şırınga irrigasyonundan daha etkili olduğunu, üç aktivasyon sisteminin kendi içinde anlamlı fark göstermediği belirtmişlerdir. Çalışmamızın bulguları yukarıda belirtilen çalışmaların bulgularıyla benzerdir. Orta üçlü seviyesinden alınan görüntülerde, kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntem grupları arasında kalsiyum hidroksit kalıntısı kalma açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p: 0,025$) ($p < 0,05$). Orta üçlü seviyesinde kalsiyum hidroksit uzaklaştırmada en etkili yöntemin EDDY olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeninin, diğer sonik sistemlerden farklı olarak EDDY sisteminin 5000 ila 6000 Hz frekansla salınım yapması sayesinde daha etkili şekilde kalsiyum hidroksit uzaklaştırması olabileceğini düşünmekteyiz. Diğer kesit seviyeleri arasında ise anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

Endoaktivator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, ABD) farklı boyutlarda polimer uçlara sahip bir sonik aktivasyon sistemidir. Kıvrık kanallı molar dişlerde bile temizleme etkinliği sağladığı bildirilmiştir (Caron ve ark., 2007). Aynı zamanda kanal içi düzensizliklerdeki temizlenemeyen kalsiyum hidroksitin temizlenmesinde de etkili olduğu saptanmıştır (Van der Sluis ve ark., 2007). EDTA gibi ajanlarla birlikte Endoaktivator sisteminin kullanılmasının smear tabakasını

tamamen uzaklaştırdığı ve molar dişlerin kavisli kanallarındaki simüle edilmiş biyofilm oluşumlarını yokettiği bildirilmiştir (Caron ve ark., 2010).

Rödig ve ark. (2010), yaptıkları çalışmalarında; farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerini, kurvatürlü kök kanallarında dentin debrisini uzaklaştırma etkinliğini incelemişlerdir. Endoaktivator aktivasyon sistemi, ultrasonik irrigasyon ve CanalBrush arasında; dentin debrisini uzaklaştırma etkinliği açısından, herhangi bir fark olmadığını bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda, ultrasonik yöntem olan PUI grubunda toplam 3 örnek; sonik aktivasyon yöntemi olan Endoaktivatör grubunda ise toplam 4 örnekte %60 ve üzerinde kalsiyum hidroksit kalıntısı saptanmıştır. Apikal ve koronal üçlü seviyelerinde kalsiyum hidroksit kalıntısı açısından istatistiksel olarak ise anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Orta üçlü seviyesinde ise en başarılı gruplar sırasıyla EDDY, XP–endo Finisher, PUI, Endoaktivatör ve Irrigasyon iğnesidir. Endoaktivatör de sonik bir cihaz olmasına rağmen EDDY bütün gruplarda daha başarılı bulunmuştur. Bunun nedeni EDDY sisteminin frekans salınım sayısının Endoaktivatör cihazından daha yüksek olması nedeniyle, daha etkili bir ajitasyon etkisi sağlaması olabilir. Çalışmamızda tüm aktivasyon sistemlerine ait örneklerin kesitlerinde sadece %32.4’ünde kalsiyum hidroksit kalıntısı bulunmadığı tespit edilmiştir. Sadece XP–endo Finisher’ da 5 örnek ve EDDY aktivasyon sisteminde ise 2 örnekte kalsiyum hidroksitin tamamen temizlendiği tespit edilmiştir. Biz bu sonuçları EDDY’ nin salınım gücünün yüksek olmasına, XP–endo Finisher’ in ise vücut sıcaklığında austenitik faza geçip şekil değiştirdiği (spoon shape) için kanal içinde çalıştırıldığında irrigasyon solüsyonunu diğer yöntemlerden daha fazla hareket ettirmesine bağlı olduğunu düşünmekteyiz.

Guneser ve ark. (2015) sığır dişlerinde yaptıkları çalışmada Endoaktivator ile geleneksel şırınga yöntemini pulpa artıklarının çözünürlüğüne etkisini kıyaslamışlar ve herhangi bir fark bulamamışlardır. Bu çalışmada iki yöntem arasında farklılık bulunmama nedeni olarak ise Endoaktivatör’ ün NaOCI’ i yeteri kadar aktive edememesi olarak ifade etmişlerdir. Arslan ve ark. (2015), yapmış oldukları çalışmada, Endoaktivatör ile geleneksel şırınga yöntemi arasında kalsiyum hidroksiti kök kanalından temizleme açısından belirgin bir fark göremediklerini bildirmişlerdi. Bizim çalışmamızda, XP–endo Finisher ve EDDY aktivasyon cihazlarının

Endoaktivatör'den daha başarılı olduğu bulunmuştur. Bu sonucun EDDY aktivasyon cihazlarının frekansının 6 000 Hz, Endoaktivatör cihazının ise ancak 2 000-3 000 Hz aralığında kullanılmasından kaynaklandığını düşünüyoruz.

Topcuoğlu ve ark. (2014), geleneksel iğne irrigasyonu, kanal fırçası, pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) ve self-adjusting file (SAF) (Re-Dent-Nova, Ranana, İsrail) ve Endoaktivator kullanarak kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılma yeteneğini karşılaştırmışlardır. Bu tedavilerin Ca(OH)₂' yi simüle edilmiş iç rezorpsiyon alanlarından tamamen uzaklaştırılamadığı bulunmuştur (Topcuoglu ve ark., 2014). Bu bulgular, bizim çalışmamızın bulguları ile uyumludur.

Ma ve arkadaşlarının 2004 yılında yaptıkları bir çalışmada ise, C-şekilli kök kanallardan Ca(OH)₂' in uzaklaştırılmasını mikro-BT kullanarak değerlendirmişlerdir. Apikal bölge incelendiğinde, iğne irrigasyonunda, Endoaktivatör' de ve ultrasonik aktivasyonda kanal boşluğunun sırasıyla; %68, %28 ve % 31' inin kalsiyum hidroksitten tam temizlenemediğini tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızda apikal bölgedeki kalsiyum hidroksit kalıntıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmasa da, XP- endo Finisher grubunda %66.7, Eddy grubunda %33.3, PUI grubunda %26.7, EndoAktivator grubunda %20.0, İrrigasyon iğnesi grubunda ise %6.7 oranında herhangi bir kalsiyum hidroksit kalıntısı bulunmadığını saptadık. Bulgularımız Ma ve arkadaşlarının çalışmasının bulguları ile uyumluluk göstermektedir.

6. SONUÇ

Limitasyonlar dahilinde bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ve irrigasyon aktivasyon yöntemleri ile ilgili öneriler şöyle sıralanabilir:

a. Çalışmamızda, EDDY grubuna ait 2 örnek, XP-Endo Finisher grubuna ait 5 örnek dışındaki tüm örneklerde kalsiyum hidroksit kalıntısı tespit edilmiştir.

b. Yetmiş beş örneğe ait 225 kesit görüntüsünden yalnızca 73'ün de (%32.4) kalsiyum hidroksit kalıntısı bulunamamıştır. Bu bize kalsiyum hidroksitin kanal duvarından ve kanal içi düzensizliklerden tamamen uzaklaştırılmasının zorluğunu kanıtlamıştır.

c. Kök kanallarından kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılması açısından apikal ve koronal üçlüye ait bulgular aktivasyon sistemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı değildir. Kalsiyum hidroksitin kanaldan uzaklaştırılmasındaki güçlükler düşünüldüğünde bu etkinliği arttıracak yeni tekniklerin geliştirilmesi düşünülebilir.

d. Piyasaya yeni çıkmış olan EDDY ve XP-endo Finisher aktivasyon sistemleri ile ilgili literatürde çok az çalışma bulunmaktadır. Bizim çalışmamızda bu iki sistemin yıllardır kullanılmakta olan Endoactivator ve PUI sistemlerine göre, daha etkili kalsiyum hidroksit uzaklaştırdığı saptanmıştır.

e. EDDY ve XP-endo Finisher aktivasyon sistemlerinin klinik uygulamalarına ilişkin fazla çalışma bulunmadığından *in vivo* çalışmaların yapılması düşünülmektedir.

f. Klinik uygulamada en çok kullanılan sistem olan konvansiyonel irrigasyonun kalsiyum hidroksitin kök kanalından uzaklaştırılmasında yeterli olamayacağı klinisyenlerin bu yönteme ek olarak aktivasyon tekniklerini de kullanması gerektiği önerilmektedir.

7. KAYNAKÇA

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.

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.

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.

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.

Ahmad M, Roy R, Kamarudin A. Observations of acoustic streaming fields around an oscillating ultrasonic file. *Dental Traumatology*. 1992;8(5):189-94.

Ahmad M. Measurements of temperature generated by ultrasonic file in vitro. *Dental Traumatology*. 1990;6(5):230-1.

Akpata E, Blechman H. Bacterial invasion of pulpal dentin wall in vitro. *Journal of Dental Research*. 1982;61(2):435-8.

Al-Hadlaq SM, Al-Turaiki SA, Al-Sulami U, Saad AY. Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: a scanning electron microscopic study. *Journal of endodontics*. 2006;32(12):1181-4.

Alves FR, Marceliano-Alves MF, Sousa JC, Silveira SB, Provenzano JC, Siqueira JF Jr. Removal of root canal fillings in curved canals using either reciprocating single- or

rotary multi-instrument systems and a supplementary step with the XP-Endo Finisher. *J Endod*. 2016;42(7):1114–1119.

Amyra T, Walsh L. An assessment of techniques for dehydrating root canals using infrared laser radiation. *Australian Endodontic Journal*. 2000;26(2):78-80.

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.

Arslan H, Akcay M, Capar ID, Saygili G, Gok T, Ertas H. An in vitro comparison of irrigation using photon-initiated photoacoustic streaming, ultrasonic, sonic and needle techniques in removing calcium hydroxide. *Int Endod J*. 2015 Mar;48(3):246-51.

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

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.

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.

Barker B, Lockett B. Experiments using a glucocorticosteroid/antibiotic paste in infected dog root canals. *International Endodontic Journal*. 1971;5(3):60-8.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

Bolles JA, He J, Svoboda KK, Schneiderman E, Glickman GN. Comparison of Vibringe, EndoActivator, and needle irrigation on sealer penetration in extracted human teeth. *J Endod*. 2013;39(5):708–711.

Boutsioukis 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.

Boutsioukis C, Lambrianidis T, Kastrinakis E, Bekiaroglou P. Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles. *International Endodontic Journal*. 2007;40(7):504-13.

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.

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.

- 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.
- 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.
- Bystrom A, Claesson R, Sundqvist G. The antibacterial effect of camphorated para-monochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. *Endod Dent Traumatol* 1985;1:170-5.
- Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res* 1981;89:321-8.
- 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.
- Byström A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International endodontic journal*. 1985;18(1):35-40).
- Calt S, Serper A. Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod*. 1999;25:431-3.
- 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.
- Cameron JA. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. *Journal of Endodontics*. 1987;13(11):541-5.
- Cameron JA. The Use of Ultrasonics in the Removal of the Smear Layer: A Scanning Electron Microscope Study. *J Endod* 1983;9:289-92.

Cameron JA. The Use of Ultrasound for the Removal of the Smear Layer. The Effect of Sodium Hypochlorite Concentration; Sem Study. Aust Dent J 1988;33:193-200.

Capar ID, Ozcan E, Arslan H, Ertas H, Aydinbelge HA. Effect of different final irrigation methods on the removal of calcium hydroxide from an artificial standardized groove in the apical third of root canals. J Endod. 2014;40(3):451–454.

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.

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.

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.

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.

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.

Cheung G, Stock C. In vitro cleaning ability of root canal irrigants with and without endosonics. International Endodontic Journal. 1993;26(6):334-43.

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.

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

Chung A, Menezes MM, et al. Scanning electron microscope evaluation of chlorhexidine gel and liquid associated with sodium hypochlorite cleaning on the root canal walls. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010; 110: e82-87.

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.

Cohen S, Burns R. *Pathways of the pulp* 8th ed. St Louis Mosby. 2002;2.

Cohen, S. ve Hargreaves, K. *Pathways of the Pulp*. Philadelphia: Mosby Elsevier 2002.

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.

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.

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.

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.

Cvek M, Nord C-E, Hollender L. Antimicrobial effect of root canal debridement in teeth with immature root. A clinical and microbiologic study. *Odontologisk revy.* 1975;27(1):1- 10.

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

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.

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.

De Moor R, Torbeyns D, Meire M. Lasers in endodontics. Part 2: Root canal wall cleanliness and modification. *Endodontic Practice Today.* 2009;3(1).

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

Diamond A, Carrel R. The smear layer: a review of restorative progress. *The Journal of pedodontics.* 1983;8(3):219-26.

DiVito E, Peters OA, Olivi G. Effectiveness of the Erbium:Yag Laser and New Design Radial and Stripped Tips in Removing the Smear Layer after Root Canal Instrumentation. *Lasers Med Sci* 2012;27:273-80.

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.

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.

Dunavant TR, Regan JD, Glickman GN, Solomon ES, Honeyman AL. Comparative Evaluation of Endodontic Irrigants against *Enterococcus faecalis* Biofilms. *J Endod.* 2006; 32:527-31

Eddy RS, Joyce AP, Roberts S, Buxton TB, Liewehr F. An In Vitro Evaluation of the Antibacterial Efficacy of Chlorine Dioxide on *E. faecalis* in Bovine Incisors. *J Endod.* 2005;31: 672-75

Engström B, Spångberg L. V. Toxic and antimicrobial effects of antiseptics in vitro.

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.

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.

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.

Ethem Yaylali I, Kececi AD, Ureyen Kaya B. Ultrasonically activated irrigation to remove calcium hydroxide from apical third of human root canal system: a systematic review of in vitro studies. *J Endod.* 2015;41(10):1589–1599.

Eun HC, Lee AY, Lee YS. Sodium hypochlorite dermatitis. *Contact dermatitis.* 1984;11(1):45-.

Fabian T, Walker S. Stability of sodium hypochlorite solutions. *American Journal of Health-System Pharmacy.* 1982;39(6):1016-7.

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

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

Foreman P, Barnes I. A review of calcium hydroxide. *International Endodontic Journal*. 1990;23(6):283-97.

Frais 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.

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.

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.

George R, Meyers IA, Walsh LJ. Laser activation of endodontic irrigants with improved conical laser fiber tips for removing smear layer in the apical third of the root canal. *Journal of Endodontics*. 2008;34(12):1524-7.

George 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.

Girard, S., Paque, F., Badertscher, M., Sener, B., Zehnder, M. 2005. "Assessment of a gel-type chelating preparation containing 1-hydroxyethylidene-1, 1-bisphosphonate". *International Endodontic Journal*, 38, 810–816.

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.

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.

Gomes B, Ferraz C, Me V, Berber V, Teixeira F, Souza-Filho F. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *International endodontic journal*. 2001;34(6):424-8. 15.

Gomes BP, Souza SFC, Ferraz CCR, et al. Effectiveness of 2% chlorhexidine gel and calcium hydroxide against *Enterococcus faecalis* in bovine root dentine in vitro. *Int Endod J* 2003; 36: 267-275.

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.

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.

Grecca FS, Leonardo MR, Silva LAB, et al. Radiographic evaluation of periradicular repair after endodontic treatment of dog's teeth with induced periradicular periodontitis. *J Endod* 2001;27:610–2.

Grossman LI. Irrigation of root canals. *Journal of the American Dental Association*. 1943;30: 1915–17. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodon. Topics*. 2005;10:77-102.

Guneser MB, Arslan D, Usumez A. Tissue dissolution ability of sodium hypochlorite activated by photon-initiated photoacoustic streaming technique. *J Endod*. 2015 May;41(5):729-32.

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.

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.

Haapasalo M, Orstavik D. In vitro infection and of dentinal tubules. *Journal of dental research*. 1987;66(8):1375-9.

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

Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Park E, Curtis A, Patel P, et al. Apical pressure created during irrigation with the GentleWave™ system compared to conventional syringe irrigation. *Clin Oral Investig*. 2016;20:1525–1534.

Habets J, Geursen-Reitsma A, Stolz E, Joost T. Sensitization to sodium hypochlorite causing hand dermatitis. *Contact Dermatitis*. 1986;15(3):140-2.

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.

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.

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.

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.

Heling I, Chandler N. Antimicrobial effect of irrigant combinations within dentinal tubules. *International Endodontic Journal*. 1998;31(1):8-14.

Hermann B. Calcium hydroxid als Mittelzurn, Behandeln und Fullen von Wurzelkanalen [thesis]. Germany: University of Würzburg. 1920.

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.

Hidalgo E, Bartolome R, Domingez C Cytotoxicity mechanism of sodium hypochloride in cultured human dermal fibroblasts end its bactericidal effectiveness. chemico- biological interactions 2001;139: 265-282.

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.

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.

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.

Hulsmann M, Peters O, Dummer P. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. Endod Topics 2005;10:30–76.

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.

Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation—literature review and case reports. International Endodontic Journal. 2000;33(3):186-93.

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.

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.

Jiang L-M, Lak B, Eijssvogels 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.

Jiang LM, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LW. Influence of the oscillation direction of an ultrasonic file on the cleaning efficacy of passive ultrasonic irrigation. *J Endod* 2010; 36: 1372–6.

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.

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.

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.

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

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.

Kenee DM, Allemang JD, Johnson JD, Hellstein J, Nichol BK. A quantitative assessment of efficacy of various calcium hydroxide removal techniques. *J Endod* 2006; 32: 563–5.

Khaleel HY, Al-Ashaw AJ, Yang Y, Pang AH, Ma JZ. Quantitative comparison of calcium hydroxide removal by EndoActivator, ultrasonic and ProTaper file agitation techniques: An *in vitro* study. J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci. 2013;33:142–5.

Khedmat S, Shokouhinejad N. Comparison of the Efficacy of Three Chelating Agents in Smear Layer Removal. J Endod. 2008; 34:599-602.

Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. Lasers in endodontics: a review. International Endodontic Journal. 2000;33(3):173-85.

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.

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.

Kuga MC, Tanomaru-Filho M, Faria G, et al. Calcium hydroxide intracanal dressing removal with different rotary instruments and irrigating solutions—a scanning electron microscopy study. Braz Dent J 2010;21:310–4.

Kuruvilla JR, Kamath MP. Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. J Endod 1998; 24: 472-476.

Lambrianidis T, Kosti E, Boutsoukis C, Mazinis M. Removal efficacy of various calcium hydroxide/chlorhexidine medicaments from the root canal. Int Endod J. 2006;39:55–61.

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.

Lambrianidis T, Margelos J, Beltes P. Removal efficiency of calcium hydroxide dressing from the root canal. *Journal of Endodontics*. 1999;25(2):85-8.

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.

Li D, Jiang S, Yin X, Chang JW, Ke J, Zhang C. Efficacy of needle, ultrasonic, and endoactivator irrigation and photon-induced photoacoustic streaming in removing calcium hydroxide from the main canal and isthmus: an in vitro micro-computed tomography and scanning electron microscopy study. *Photomed Laser Surg*. 2015;33(6):330–337.

Lui JN, Kuah HG, Chen NN. Effect of EDTA with and without Surfactants or Ultrasonics on Removal of Smear Layer. *J Endod*. 2007;33:472-5.

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.

Ma JZ, Shen Y, Al-Ashaw AJ, et al. Micro-computed tomography evaluation of the removal of calcium hydroxide medicament from C-shaped root canals of mandibular second molars. *Int Endod J* 2014 May 28

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.

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.

Margelos J, Eliades G, Verdelis 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.

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.

McDonnell G, Russell AD. Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. *Clinical microbiology reviews.* 1999;12(1):147-79.

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.

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.

Mehdipour O, Kleier D, Averbach DRE, Kleier DJ, Averbach RE. Anatomy of sodium hypochlorite accidents. *choice.* 2007;5(8):9.

Meire M, De Moor R. Lasers in endodontics: laser disinfection, an added value? *Endodontic Practice Today.* 2007;1(3).

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.

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.

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.

Messer H, Feigal R. A Comparison of the Antibacterial and Cytotoxic Effects of Parachlorophenoll. *Journal of dental research*. 1985;64(5):818-21.

Messer HH, Chen R-S. The duration of effectiveness of root canal medicaments. *Journal of Endodontics*. 1984;10(6):240-5.

Michelich V, Schuster G, Pashley DH. Bacterial penetration of human dentin in vitro. *Journal of Dental Research*. 1980;59(8):1398-403.

Migoun N, Azouni M. Filling of one-side-closed capillaries immersed in liquids. *Journal of colloid and interface science*. 1996;181(1):337-40.

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.

Mohammadi Z, Dummer PMH. Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *International endodontic journal*. 2011;44(8):697- 730.

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.

Moorer W, Wesselink P. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *International Endodontic Journal*. 1982;15(4):187-96.

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.

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.

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.

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.

Nielsen BA, Baumgartner JC. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *Journal of endodontics*. 2007;33(5):611-5.

Niu W, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *International Endodontic Journal*. 2002;35(11):934-9.

Nusstein J. Ultrasonic dental device. Google Patents; 2005.

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.

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

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.

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.

Pashley DH. Smear layer: physiological considerations. Operative dentistry Supplement. 1983;3:13-29.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. Journal of endodontics. 2004;30(8):559-67.

Phillips M, McClanahan S, Bowles W. A titration model for evaluating calcium hydroxide removal techniques. J Appl Oral Sci. 2015;23:94–100.

Portenier I, Waltimo T, Orstavik 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.

Ram Z. Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1977;44(2):306-12.

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

Rodrig T, Dollmann S, Konietschke 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. *J Endod* 2010;36:1983-7.

Rödig 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.

Ruddle CJ. Endodontic disinfection. *Endodontic Practice*. 2008.

Ruddle CJ. Hydrodynamic disinfection: tsunami endodontics. *Dentistry today*. 2007;26(5):110.

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

Russell A, Day M. Antibacterial activity of chlorhexidine. *Journal of Hospital Infection*. 1993;25(4):229-38.

Russell A. Activity of biocides against mycobacteria. *Journal of Applied Microbiology*. 1996;81(s25).

Rutala WA ve Weber DJ Uses of inorganic hypochlorite (bleach) in health-care facilities. *Clin Microbiol Reviews* 1997;10:597-610.

Safavi KE, Nichols FC. Alteration of biological properties of bacterial lipopolysaccharide by calcium hydroxide treatment. *Journal of Endodontics*.

1994;20(3):127- 9.

Safavi KE, Nichols FC. Effect of calcium hydroxide on bacterial lipopolysaccharide. *Journal of endodontics*. 1993;19(2):76-8.

Safavi KE, Nichols FC. Effect of calcium hydroxide on bacterial lipopolysaccharide. *Journal of endodontics*. 1993;19(2):76-8.

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

Saghiri MA, Asgar K, Gutmann JL, Garcia-Godoy F, Ahmadi K, Karamifar K, Asatorian A. Effect of Laser Irradiation on Root Canal Walls after Final Irrigation with 17% Edta or Biopure Mtad: X-Ray Diffraction and Sem Analysis. *Quintessence Int* 2012;43:127-34.

Salgado RJC, Moura-Netto C, Yamazaki AK, et al. Comparison of different irrigants on calcium hydroxide medication removal: microscopic cleanliness evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107:580–4.

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

Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am*. 1974;18:269-96.

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

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.

Seidberg BH, Schilder H (1974). An evaluation of EDTA in endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 37:609-620

Sen BH, Safavi KE, Spangberg LS. Antifungal effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine in root canals. *Journal of Endodontics* 1999;25:235–8.

Sen, B.H., Wesselink, P.R., Türkün, M. 1995. “The smear layer: A phenomenon in root canal therapy”. *Int Endod J.* 28:141–8.

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.

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.

Shabahang S, Pouresmail M, Torabinejad M. In vitro antimicrobial efficacy of MTAD and sodium hypochlorite. *J Endod.* 2003; 29: 450-2.

Shabahang S, Torabinejad M. Effect of MTAD on *Enterococcus faecalis* contaminated root canals of extracted human teeth. *J Endod.* 2003; 29: 576-9.

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.

Sipes R, Binkley C. The use of formocresol in dentistry: a review of the literature. *Quintessence international* (Berlin, Germany: 1985). 1986;17(7):415.

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.

Siqueira JF, Jr, Magalhães KM, Rôças IN. Bacterial reduction in infected root canals treated with 2.5% NaOCl as an irrigant and calcium hydroxide/camphorated paramonochlorophenol paste as an intracanal dressing. *J Endod.* 2007;33:667–672.

Siqueira LF, Lopes HP. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *Int Endod J* 1999;32:361–9.

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.

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.

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.

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.

Soares, J.A., Roque de Carvalho, M.A., Cunha Santos, S.M. et al. 2010. “Effectiveness of chemomechanical preparation with alternating use of sodium hypochlorite and EDTA in eliminating intracanal *Enterococcus faecalis* biofilm”. *J Endod.* 36, 894–8.

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.

Spångberg L, Rutberg M, Rydinge E. Biologic effects of endodontic antimicrobial agents. *Journal of Endodontics.* 1979;5(6):166-75.

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.

Stabholz A, Sahar-Helft S, Moshonov J. Lasers in endodontics. *Dental Clinics*. 2004;48(4):809-32.

Stenhouse M, Patel B. Irrigation and Disinfection. *Endodontic Treatment, Retreatment, and Surgery*: Springer; 2016. p. 101-28.

Stevens RH, Grossman LI. Evaluation of the antimicrobial potential of calcium hydroxide as an intracanal medicament. *Journal of Endodontics*. 1983;9(9):372-4.

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.

Sundqvist G. Ecology of the root canal flora. *Journal of endodontics*. 1992;18(9):427-30.

Svec TA, Harrison JW. Chemomechanical removal of pulpal and dentinal detritus with sodium hypochlorite and hydrogen peroxide vs normal saline solution. *J Endod*. 1977;3, 49–53.

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.

Svensk tandläkare tidskrift Swedish dental journal. 1969;62(9):543.

Tahan E, Kilkis BT, Tanriver M, Akdag MS. A comparison of different irrigation/agitation methods for the removal of calcium hydroxide medicament from the root canal walls. *J Res Dent*. 2015;3:44–8.

Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. Comparative Study About the Removal of Smear Layer by Three Types of Laser Devices. *J Clin Laser Med Surg* 1998;16:117-22.

Tambe VH, Nagmode PS, Vishwas JR, Saujanya K, Angadi P, Ali FM. Evaluation of the amount of debris extruded apically by using conventional syringe, Endovac and ultrasonic irrigation technique: An in vitro study. *Journal of International Oral Health*. 2013;5(3):63.

Tanomaru-Filho M, Leonardo MR, Silva LAB. Effect of irrigation solution and calcium hydroxide root canal dressing on the repair of apical and periapical tissues of teeth with periapical lesion. *J Endod* 2002;28:295–9.

Tasdemir T, Celik D, Er K, Yildirim T, Ceyhanli KT, Yesilyurt C. Efficacy of several techniques for the removal of calcium hydroxide medicament from root canals. *Int Endod J* 2011; 44: 505–9.

Taşdemir T, Celik D, Er K, Yildirim T, Ceyhanli KT, Yeşilyurt C, et al. Efficacy of several techniques for the removal of calcium hydroxide medicament from root canals. *Int Endod J*. 2011;44:505–9.

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.

Teixeira FB, Levin LG, Trope M. Investigation of pH at different dentinal sites after placement of calcium hydroxide dressing by two methods. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2005;99:511–6.

Topcuoglu HS, Duzgun S, Ceyhanli KT, et al. Efficacy of different irrigation techniques in the removal of calcium hydroxide from a simulated internal root resorption cavity. *Int Endod J* 2014 May 25.

Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, Kim J, Shabahang S. A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod.* 2003a; 29: 170–175.

Torabinejad M, Shabahang S, Aprecio RM, Kettering JD. The antimicrobial effect of MTAD: an in vitro investigation. *J Endod.* 2003; 29: 400-3.

Torneck C. Therapeutic armamentarium. *Clinical dentistry.* 1976;4:4-5.

Townsend AA. *The structure of turbulent shear flow:* Cambridge university press; 1980.

Treanor HF, Goldman M. Bactericidal efficiency of intracanal medications. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology.* 1972;33(5):791-6.

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.

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

Tronstad L, Barnett F, Schwartzben L, Frasca P. Effectiveness and Safety of a Sonic Vibratory Endodontic Instrument. *Endod Dent Traumatol* 1985;1:69-76.

Tronstad L, Yang ZP, Trope M, Barnett F, Hammond B. Controlled release of medicaments in endodontic therapy. *Dental Traumatology.* 1985;1(4):130-4.

Tronstad L. Root resorption—etiology, terminology and clinical manifestations. *Dental Traumatology.* 1988;4(6):241-52.

Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clinical Oral Investigations.* 2017:1-7.

Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Canal cleanliness using different

irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clinical Oral Investigations*. 2017;1-7.

Usman N, Baumgartner JC, Marshall JG. Influence of instrument size on root canal debridement. *Journal of Endodontics*. 2004;30(2):110-2.

Vahdaty A, Ford T, Wilson R. Efficacy of chlorhexidine in disinfecting dentinal tubules in vitro. *Dental Traumatology*. 1993;9(6):243-8.

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.

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.

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.

Van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J* 2007; 40: 415-426.

Van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove in the apical root canal using different irrigation methodologies. *Int Endod J*. 2007;40:52-7.

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.

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.

Villegas, J.C., Yoshioka, T., Kobayashi, C., Suda, H. 2002. "Obturation of accessory canals after four different final irrigation regimes". J Endod 28, 534–6.

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.

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.

Walmsley A, Murgel C, Krell K. Canal markings produced by endosonic instruments. Dental Traumatology. 1991;7(2):84-9.

Walsh L. The current status of laser applications in dentistry. Australian dental journal. 2003;48(3):146-55.

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.

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

Waltimo T, Orstavik D, Siren E, Haapasalo M. In vitro susceptibility of Candida albicans to four disinfectants and their combinations. International endodontic journal. 1999;32(6):421-9.

Walton RE. Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space. Journal of Endodontics. 1976;2(10):304-11.

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.

Washburn EW. The dynamics of capillary flow. *Physical review*. 1921;17(3):273.

Weine FS. *Endodontic therapy*: Mosby; 1976.

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.

West JD. The relationship between three-dimensional endodontic seal and endodontic failures 1975.

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

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.

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. *J Endod* 2011; 37: 235-238.

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.

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.

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.

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.

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.

Yucel AC, Gurel M, Guler E, Karabucak B. Comparison of final irrigation techniques in removal of calcium hydroxide. *Aust Endod J* 2013; 39: 116–21.

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.

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.

Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *Journal of Endodontics*. 2005;31(11):817-20.

Zehnder M. Root canal irrigants. *Journal of endodontics*. 2006;32(5):389-98.

Zehnder, M., Schmidlin, P., Sener, B., Waltimo. T. 2005b. "Chelation in root canal therapy reconsidered". *J Endod*. 31, 817–820.


Zhu WC, Gyamfi J, Niu LN, Schoeffel GJ, Liu SY, Santarcangelo F, Khan S, Tay KC, Pashley DH, Tay FR. Anatomy of sodium hypochlorite accidents involving facial ecchymosis - a review. *J Dent*. 2013 Nov;41(11):935-48.

Zurcher 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.



8. EKLER

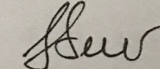
8.1. Etik Kurul Onayı


T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Etik Kurulu

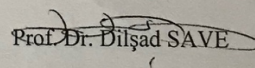
PROJENİN ADI : Farklı İrrigasyon(Yıkama), Aktivasyon Sistemlerinin Kalsiyum Hidroksitin Kanaldan Uzaklaştırılmasındaki Etkinliğinin SEM(Taramalı Elektron Mikoskobu)'De İncelenmesi
PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ: Prof. Dr. Hesna SAZAK ÖVEÇOĞLU
PROJEDEKİ ARAŞTIRICILAR : Arşt.Gör.Dt. Okan UYSAL
ONAY TARİHİ VE ONAY SAYISI: 02.04.2018-124

Sayın; Prof. Dr. Hesna SAZAK ÖVEÇOĞLU

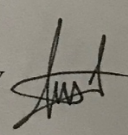
124 protokol nolu "Farklı İrrigasyon(Yıkama), Aktivasyon Sistemlerinin Kalsiyum Hidroksitin Kanaldan Uzaklaştırılmasındaki Etkinliğinin SEM(Taramalı Elektron Mikoskobu)'De İncelenmesi" isimli projeniz Enstitümüz Etik Kurulu tarafından incelenmiş ve etik yönden uygunluğuna karar verilmiştir


Prof. Dr. Göksel ŞENER
Komisyon Başkanı

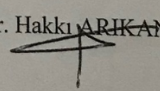
Doç.Dr. Pınar MEGA TİBER


Prof. Dr. Dilşad SAVE

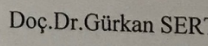
Prof.Dr. Hülya AŞÇI


Prof.Dr. Tuğba TUNALI AKBAY

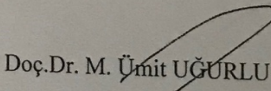
Prof.Dr. Nefise BAHÇECİK


Prof.Dr. Hakkı ARKAN

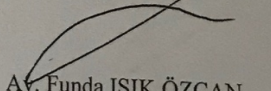
Doç.Dr. Oya ORUN


Doç.Dr. Gürkan SERT

Doç.Dr. İlhan DEMİRBÜKEN


Doç.Dr. M. Ümit UĞURLU

Doç.Dr. Betül OKUYAN


Av. Funda IŞIK ÖZCAN

2011 EFQM Mükemmeliyetle Yetiştirilmiştir

EUA

IPO

Marmara Üniversitesi Göztepe Kampüsü Sağlık Bilimleri Enstitüsü 34688 Kadıköy / İSTANBUL

0 (216) 414 44 23/12 (Faks)
0 (216) 414 44 23

sağlık.ogrenci@marmara.edu.tr
http://sağlık.marmara.edu.tr

Ayrıntılı bilgi için:
Süleyman
TÜRKMENOĞLU

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı	Okan	Soyadı	UYSAL
Doğum Yeri	DÜZCE	Doğum Tarihi	14.10.1991
Uyruğu	T.C	Tel	05446526975
E-mail	dt.okanuysal@gmail.com		

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Lisans	İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2014
Lise	Kocaeli Körfez Fen Lisesi	2009

İş Deneyimi

	Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
	Araştırma Görevlisi	Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti A.D	2016-2019

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*
İngilizce	İyi	İyi	İyi

Yabancı Dil Sınav Notu •								
YDS	ÜDS	IELTS	TOEFL IBT	TOEFL PBT	TOEFL CBT	FCE	CAE	CPE







