



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**YENİ BİR İRRİGASYON SOLÜSYONUNUN FARKLI
AKTİVASYON SİSTEMLERİ İLE SMEAR TABAKASININ
KALDIRILMASINDAKİ ETKİNLİĞİNİN TARAMALI
ELEKTRON MİKROSKOBU İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Murat DEMİRAL

**Samsun
Ekim 2015**



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**YENİ BİR İRRİGASYON SOLÜSYONUNUN FARKLI
AKTİVASYON SİSTEMLERİ İLE SMEAR
TABAKASININ KALDIRILMASINDAKİ
ETKİNLİĞİNİN TARAMALI ELEKTRON
MİKROSKOBU İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Murat DEMİRAL

DANIŞMAN

Yrd. Doç Dr. İsmail UZUN

**Samsun
Ekim 2015**

TEŞEKKÜR

Evladı olmaktan daima şeref duyduğum yüce Türk Milleti' ne ve büyük Türkiye Cumhuriyeti Devleti'ne,

Desteğini ve tecrübesini asla esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Hikmet AYDEMİR'e,

Uzmanlık eğitimim süresince bana hem hoca hem abi olan, bir ömür vefa duyacağım Sayın Yrd. Doç. Dr. İsmail UZUN' a,

Tezimin düzenleme aşamasında çok büyük katkısı bulunan ve asistanlığım boyunca bana her konuda büyük yardımları dokunan asistan arkadaşım Cangül KESKİN 'e,

Yardımlarını ve dostluklarını asla esirgemeyen, tez çalışmamda da emekleri olan asistan arkadaşlarım Buğra GÜLER ve Özgür ÖZDEMİR'e,

Bana verdiği destek ve bölüm için gösterdiği gayretler için Sayın Doç. Dr. Uğur İNAN'a ve bana kısa zamanda çok şey katan Sayın Doç. Dr. Ali KELEŞ'e,

Asistanlık hayatım boyunca yardımını ve bilgisini benden esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Elif KALYONCUOĞLU'na,

Uzmanlık eğitimime başladığım andan itibaren üzerimde emeği geçen saygıdeğer Endodonti Anabilim Dalı Öğretim Üyelerine, birlikte çalıştığım tüm asistan arkadaşlarıma, Anabilim Dalımızın personeline,

Bugünlere gelmemi sağlayan canım anneme, canım babama ve daima yanımda olan sevgili eşime en içten teşekkürlerimi sunarım.

Allah hepinizden razı olsun, Başöğretmen'in ruhu şad olsun...

ÖZET

YENİ BİR İRRİGASYON SOLÜSYONUNUN FARKLI AKTİVASYON SİSTEMLERİ İLE SMEAR TABAKASININ KALDIRILMASINDAKİ ETKİNLİĞİNİN TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Amaç: Bu tezin amacı kök kanal tedavisinin en önemli aşamalarından biri olan irrigasyon için kullanılan yeni bir solüsyonun farklı aktivasyon teknikleri ile smear tabakasının uzaklaştırılmasındaki etkinliğinin incelenmesidir.

Materyal ve Metot: Çalışmamızda üst keser insan dişleri şekillendirildi ve final yıkama aşamasında örneklere farklı irrigasyon solüsyonları ve 2 farklı aktivasyon tekniği ile irrigasyon yapıldı. Kökler ikiye ayrıldı ve SEM ile elde edilen görüntüler açık dentin tübül sayısı açısından skorlandı. Veriler uygulanan irrigasyon solüsyonu ve aktivasyon tekniğinin smear tabakasının uzaklaştırılmasındaki etkinliği açısından değerlendirildi. İstatistiksel olarak önem derecesi 0,05 ve daha az olarak ayarlandı ve veriler istatistiksel olarak Kruskal- Wallis ve Bonferroni düzeltmeli Mann- Whitney U testleri ile analiz edildi.

Bulgular: Bu tez çalışmamızda 3 farklı irrigasyon solüsyonu ve 2 farklı aktivasyon tekniği incelenmiş ve aktivasyon yöntemlerinin irrigasyon solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini istatistiksel olarak anlamlı miktarda arttırdığı bulunmuştur. Aktivasyon yöntemlerinin arasında smear tabakasının uzaklaştırılması açısından anlamlı fark bulunmamıştır. QMix irrigasyon solüsyonu smear tabakasının uzaklaştırılmasında EDTA kadar etkin bulunmuştur. Örneklerin koronal üçlü bölgelerinde apikal üçlü bölgelerine göre istatistiksel olarak daha fazla açık dentin tübülü saptanmıştır.

Sonuç: QMix smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkin bir solüsyonudur. Aktivasyon irrigasyon solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini arttırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Endodonti; QMix; Sodyum Hipoklorit; Aktivasyon; Smear Tabakası

Murat DEMİRAL, Uzmanlık Tezi
Ondokuz Mayıs Üniversitesi-Samsun, Ekim- 2015

ABSTRACT

SEM EVALUATION OF THE SMEAR LAYER REMOVAL CAPACITY OF A NEW IRRIGATING SOLUTION WITH IRRIGATION ACTIVATION TECHNIQUES

Aim: The purpose of this thesis was to analyse the smear layer removal efficacy of a new irrigant with 2 activation techniques during irrigation; which is one of the most important stages of root canal treatment.

Material and Method: In this study, maxillary human incisors prepared and final irrigation protocols performed by two activation techniques. Roots were separated then photomicrographs scored by number of open dentinal tubules which taken with SEM. Data examined and correlated for the smear layer removal capacity of irrigant and activation techniques. Data was analysed statistically by Kruskal- Wallis and Mann-Whitney U tests with significance at 0.05 or less.

Results: In this thesis 3 irrigation solutions and 2 irrigation activation techniques evaluated and found that irrigation activation statistically increases the smear layer removal capacity of irrigants. The correlation is not statistically significant when activation techniques compared with each other. QMix irrigation solution is efficient as EDTA for smear layer removal. The number of open dentinal tubules is statistically differs for apical third of root canal when compared with the coronal third. ($p > 0.005$) ($p < 0.005$)

Conclusion: QMix is an efficient irrigation solution for the aim of smear layer removal. Irrigation activation techniques increased the smear layer removal capacities of irrigation solutions.

Keywords: Endodontics; QMix; Sodium Hypochlorite; Activation; Smear Layer

Murat DEMİRAL, Expertise Thesis
Ondokuz Mayıs University-Samsun, October-2015
SİMGELER ve KISALTMALAR

%: Yüzde

EDTA: Etilen Diamin Tetraasetik Asit

mm: Milimetre

SEM: Taramalı Elektron Mikroskobu

µm: Mikrometre

Ni- Ti: Nikel- Titanyum

PUI: Pasif Ultrasonik İrrigasyon yöntemi

EA: EndoActivator cihazı

REDTA: ROTH's Ethylenediamine Tetra Acedic Acid

pH: Power of Hydrogen (Hidrojenin gücü)

rpm: Revolutions per minute (dakikada devir sayısı)

cpm: Cycles per minute (dakikada salınım sayısı)

ml: Mililitre

dk: Dakika

sn: Saniye

Hz: hertz

kHz: Kilohertz

| | |
|---|-----|
| İÇİNDEKİLER | |
| ÖZET | iii |
| ABSTRACT | iv |
| SİMGELER VE KISALTMALAR | v |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. GENEL BİLGİLER | 2 |
| 2.1. Smear Tabakası | 2 |
| 2.1.1. Smear Tabakasının Etkileri | 3 |
| 2.1.2. Smear Tabakasının Uzaklaştırılması | 5 |
| 2.2. Endodontik Tedavide İrrigasyon | 11 |
| 2.2.1. İrrigasyonun Genel Amaç Ve Faydalar | 12 |
| 2.2.2. İdeal İrrigasyon Solüsyonunun Özellikleri | 14 |
| 2.2.3. Endodontik Tedavide Kullanılan Konvansiyonel Ve Güncel İrrigasyon Solüsyonları | 14 |
| 2.2.4. İrrigasyon Solüsyonlarının Etkinliğinin Arttırılması İçin Uygulanan Yöntemler | 27 |
| 3. MATERYAL VE METOT | 40 |
| 3.1. Örneklerin Seçilmesi Ve Preparasyon | 40 |
| 3.2. Grupların Oluşturulması | 41 |
| 3.3. Örnek Kesitlerin Hazırlanması | 46 |
| 3.4. Sem Değerlendirmesi | 46 |
| 3.5. Smear Tabakasının Değerlendirilmesi | 47 |
| 3.6. İstatistiksel Analiz | 47 |
| 4. BULGULAR | 48 |
| 4.1. Sem Görüntüleri- Açık Dentin Tübülü Sayısının Değerlendirilmesi | 48 |
| 4.2. Sem Görüntülerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi | 60 |
| 5. TARTIŞMA | 64 |
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER | 81 |
| 7. REFERANSLAR | 82 |

1. GİRİŞ

Endodontik tedavinin esas amacı; kök kanal sistemindeki tüm vital ve nekrotik pulpa dokusunun, mikroorganizmalar ve toksinlerinin, enfekte dentinin tamamen uzaklaştırılması ile sağlanabilen kök kanal sisteminin mutlak dezenfeksiyonudur (Menezes ve ark., 2003). Kemomekanik preparasyon endodontik tedavinin; bakteriler, dejenere pulpa dokusu ve kontamine dentinin uzaklaştırılarak kök kanallarının temizlenmesini, şekillendirilmesini ve dezenfeksiyonunu sağlamayı amaçlayan kısmını meydana getirmektedir (Baratto-Filho ve ark., 2009; Williamson ve ark., 2009). Kemomekanik preparasyon prosedürleri kök kanalındaki bakteri miktarını çok büyük oranda azaltsa da kök kanal sisteminin karmaşık anatomisi nedeni ile tam bir dezenfeksiyon sağlanması neredeyse imkansız hale gelmektedir (Bystrom ve Sundqvist, 1981; Siqueira ve ark., 1999).

Kök kanal sisteminin şekillendirilmesi ve şekillendirilmesi prosedürleri sırasında pulpa ve dentin kaynaklı, amorf, düzensiz yapıda ve smear tabakası olarak adlandırılan bir tabaka meydana gelmektedir (Torabinejad ve ark., 2002b; Farhad ve ark., 2008). Smear tabakası obtürasyon materyali ve dentin arasında fiziksel bir bariyer oluşturarak mikro sızıntıyı arttırmakta, rezin bazlı materyallerin kök dentinine bağlanma dayanımını azaltmakta ve yıkama solüsyonlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu engellemektedir (Goldman ve ark., 1981; Farhad ve ark., 2008; Violich ve Chandler, 2010). Başarılı bir endodontik tedavi için smear tabakasının kök kanal sisteminden uzaklaştırılması gerekmektedir (Dua ve ark., 2014).

Yıkama solüsyonları mekanik şekillendirme prosedürleri bakteri eliminasyonu açısından tamamen yeterli olamadığı için, mikrobiyal yükün elimine edilmesi açısından endodontik tedavide hayati önem taşımaktadır (Bystrom ve Sundqvist, 1983). Yıkama solüsyonlarının etkilerini gösterebilmeleri için kanal duvarları ile direkt temas etmeleri gerekmektedir (Mozo ve ark., 2014). Bu nedenle kök kanal sistemi gibi karmaşık anatomiye sahip bir alanda daha iyi temizlik elde edebilmek için yıkama solüsyonlarının etkinliğinin artırılması gerekmektedir (Zehnder, 2006a). Yıkama solüsyonlarının etkinliğinin artırılması için pek çok farklı irrigasyon aktivasyon yöntemleri uygulanmış ve farklı cihazlar geliştirilmiştir (Gu ve ark., 2009).

Genel bilgiler ışığında bu çalışmanın amacı; klinik kullanıma yeni sunulmuş bir irrigasyon solüsyonu olan QMix in farklı aktivasyon yöntemleri ile smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin SEM ile analiz edilerek incelenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. SMEAR TABAKASI

Endodontik kök kanal şekillendirme prosedürleri kanal duvarlarında dentin tübüllerinin ağızlarını kaplayarak kapatan ince bir tabakanın oluşumuna neden olmaktadır (Mozayeni ve ark., 2009). Bu tabaka smear tabakası olarak adlandırılmakta ve amorf yapıda organik ve inorganik materyalden meydana gelmektedir (Mccomb ve Smith, 1975; Mader ve ark., 1984). Smear tabakasının genel yapısını kanal eğelerinin oluşturdukları dentin talaşının sıvama etkisiyle kanal duvarına yapışarak dentin tübüllerine penetre olan nemli kalsifiye debris meydana getirmektedir (Lester ve Boyde, 1977; Mader ve ark., 1984).

Smear tabakasının varlığı ilk olarak 1970 yılında Eick ve ark. tarafından bildirilmiştir (Eick ve ark., 1970). Bu araştırmacılar smear tabakasını meydana getiren partiküllerin boyutlarının 0.5- 15 µm arasında değiştiğini belirtirken sonrasında yapılan çalışmalar smear tabakasının dentin tübüllerinin derinliklerine penetre olmayan 2-5 µm kalınlığında bir yapı olduğunu göstermiştir (Brannstrom ve Johnson, 1974).

Prepare edilmiş kök kanallarının yüzeyinde smear tabakası ilk olarak 1975 yılında tanımlanmıştır ve smear tabakasının koronal kısımda olduğu gibi sadece dentinden oluşmadığı ayrıca odontoblastik uzantı, pulpa dokusu artıkları ve bakteri de içerdiği bildirilmiştir (Mccomb ve Smith, 1975).

Daha sonrasında smear tabakası inorganik dentin ile çevrelenmiş organik materyal olarak tanımlanmıştır (Lester ve Boyde, 1977).

Yapılan çalışmalarda dentin tübül ağızlarının tıkanmasının frez ve eğelerin kullanılması sonucunda meydana geldiği gösterilmiştir (Brannstrom ve Johnson, 1974; Mader ve ark., 1984).

Smear tabakasının dentin tübüllerinin içine penetrasyonunun farklı miktarlarda olabileceğinin bildirilmesinin ardından (Moodnik ve ark., 1976; Brannstrom ve ark., 1980) preparasyon işlemi sırasında bazı yüzey aktif ajanların kullanılması ile penetrasyonun 110 µm ye kadar ulaşabildiği gösterilmiştir (Aktener ve ark., 1989). Bu

çalışmalara ilaveten penetrasyon derinliğinin preparasyon sırasında kullanılan eğelerin tipine, keskinliğine ve işlem sırasında dentinin kuru olmasına veya olmamasına bağlı olduğunu gösteren çalışmalar da vardır (Barnes, 1974; Gilboe ve ark., 1980; Cameron, 1988b).

Preparasyon işlemi sırasında kullanılan manuel eğelerin daha az miktarda smear tabakası oluşturduğunu gösteren (Czonstkowsky ve ark., 1990) sonuçların yanında manuel eğeler ile giromatik resiprokasyon sisteminin farklı sonuçlar vermediği de bildirilmiştir (Mccomb ve Smith, 1975).

2.1.1. SMEAR TABAKASININ ETKİLERİ

Kök kanallarının şekillendirilmesi aşamasında oluşan smear tabakasının uzaklaştırılması veya uzaklaştırılmaması gerekliliği kesin sonuca ulaştırılamamış konulardan biridir (Drake ve ark., 1994; Shahravan ve ark., 2007). Bazı araştırmacılar tarafından smear tabakasının dentin tübüllerini tıkadığı ve böylece bakterilerin ve diğer irritanların penetrasyonunu engellediği için uzaklaştırılmamasının faydalı olacağı savunulmuştur (Michelich ve ark., 1980; Pashley ve ark., 1981; Drake ve ark., 1994). Smear tabakasının dentin tübüllerine bakteri penetrasyonuna karşı fiziksel bir bariyer oluşturduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Drake ve ark., 1994; Galvan ve ark., 1994; Love ve ark., 1996). Pashley adlı araştırmacı 1981 yılında gerçekleştirdiği bir çalışmasında kök kanallarının tam olarak dezenfeksiyonu gerçekleşmediğinde veya kanal preparasyonunun ardından meydana gelen bakteriyel kontaminasyon durumlarında smear tabakasının dentin tübüllerinin bakteriler tarafından istila edilmesini engelleyeceğini göstermiştir. Bu çalışmanın sonuçlarını destekleyecek nitelikte başka sonuçlar da karşımıza çıkmaktadır; smear tabakasının bakteri penetrasyonunu engellediği hipotezi kimi çalışmaların bulguları ile desteklenmektedir (Pashley ve ark., 1981; Safavi ve ark., 1989).

Ancak yukarıda bahsedilen çalışmalarda majör bir limitasyon mevcuttur; deneyler dentin diskleri, kök kesitleri gibi çalışma modelleri üzerine oturtulmuştur ve bu modeller kök kanal tedavisi ve kök kanal sisteminin klinik durumunu canlandırma konusunda yetersizdirler.

Smear tabakasının uzaklaştırılmaması gerektiğini destekler nitelikteki sonuçların yanında bu tabakanın eksiksiz bir bariyer olmadığını, bakteriyel penetrasyonu sadece geciktirdiğini (Williams ve Goldman, 1985), mikro sızıntıyı engellemediğini (Madison ve Krell, 1984; Chailertvanitkul ve ark., 1996) bildiren çalışmalar da mevcuttur. Mader ve arkadaşları yaptıkları çalışmada smear tabakasının homojen olmayan yapısı ve dentin tübüllerinden zaman içerisinde ayrılabilmesi nedenleri sonucunda kök kanalı duvarı ile obturasyonda kullanılan pat arasında boşluk oluşturacağını bildirmişlerdir (Mader ve ark., 1984). Smear tabakasının oral bakterilerin dentin diklerine penetrasyonu üzerinde de etkisinin olmadığı gösterilmiştir (Meryon ve Brook, 1990). White ve arkadaşları 1987 yılında yaptıkları çalışmada smear tabakası uzaklaştırıldığı zaman kanal patlarının dentin tübüllerine kalıcı olarak penetrasyon sağladığını göstermişlerdir. Smear tabakasının uzaklaştırılmasının obturasyon lateral kompaksiyonla da termoplastik yöntemle de olsa guta perka nın adaptasyonunu olumlu yönde etkilediği (Gencoglu ve ark., 1993), termoplastik guta perka nın smear tabakasının uzaklaştırılmasının ardından tamamen adapte olabildiği (Gutmann, 1993) gösterilmiştir. Ayrıca smear tabakasının uzaklaştırılmasının kullanılan kanal patından bağımsız olarak bakteriyel penetrasyona direnç kazandırmadığı da bildirilmiştir (Saleh ve ark., 2008).

Bu bilgiler ışığında smear tabakasının uzaklaştırılmasının faydalarını ve gerekliliğini aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür;

1. Büyük bir kısmı sudan oluştuğu için kesin olarak öngörülemeyen bir kalınlık ve hacme sahiptir (Cergneux ve ark., 1987a)
2. Bakteri, bakteri ürünleri ve nekrotik doku içerir (Mccomb ve Smith, 1975; Wayman ve ark., 1979; Yamada ve ark., 1983b). 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 iritanlara rezervuar görevi görmesi (Pashley, 1984) mümkün olabilmektedir.
3. Besi yeri görevi görerek bakterilerin dentin tübüllerinin derin kısımlarına penetrasyonuna neden olabilmektedir (George ve ark., 2005).
4. Dezenfeksiyon ajanlarının penetrasyonunu engelleyebilmektedir (Mccomb ve Smith, 1975; Yamada ve ark., 1983b). Dentin tübüllerinin derinliklerinde bulunan bakteriler üzerinde dezenfektanların etkisini engelleyebilmektedir (Yamada ve ark., 1983b).

Smear tabakası uzaklaştırıldığı takdirde sıvı monoklorofenol ün dentin tübüllerini tamamen ve daha hızlı dezenfekte ettiği (Haapasalo ve Orstavik, 1987), dentin tübüllerinde bulunan bakterilerin daha kolay elimine edildiği (Brannstrom, 1984) gösterilmiştir.

5. Obturasyon materyali ile kanal duvarı arasında fiziksel bariyer görevi görerek sızdırmazlığı olumsuz etkileyebilmektedir (Lester ve Boyde, 1977; Yang ve Bae, 2002). Smear tabakasının çinko oksit öjenol bazlı kök kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu engellediği gösterilmiştir (Lester ve Boyde, 1977). Ayrıca smear tabakasının uzaklaştırılmasının koronal mikro sızıntıyı da azalttığı bildirilmiştir (Saunders ve Saunders, 1992).
6. Gevşek bir yapıya sahip olduğu için obturasyon materyali- kök kanal duvarı arasında oluşabilecek mikro sızıntıya daha uygun bir fiziksel ortam meydana getirmektedir (Mader ve ark., 1984; Meryon ve Brook, 1990). Bu nedenle uzaklaştırılması obturasyonun optimuma yaklaşmasına katkı sağlayacaktır (Mccomb ve Smith, 1975).

2.1.2. SMEAR TABAKASININ UZAKLAŞTIRILMASI

Endodontik tedavide uygulanabilen tüm mekanik şekillendirme prosedürleri kök kanal duvarlarında smear tabakası oluşumuna neden olmaktadır (Torabinejad ve ark., 2002b). Smear tabakasının uzaklaştırılması dentin tübüllerinin açılmasını sağlayarak yıkama solüsyonlarının penetrasyonunu kolaylaştırmaktadır (Bystrom ve Sundqvist, 1985; Torabinejad ve ark., 2002b). Smear tabakasının uzaklaştırılması için uygulanacak ideal prosedürün kanal duvarlarındaki tüm organik ve inorganik materyali elimine edebilmesi ve dentin erozyonuna neden olmaması gerekmektedir (Lotfi ve ark., 2012). lazer uygulamaları, yıkama solüsyonlarının aktivasyonu, bazı kimyasal ajanlar; smear tabakasının uzaklaştırılmasında uygulanabilecek yaklaşımlar olarak sıralanabilmektedir (Torabinejad ve ark., 2002b; Torabinejad ve ark., 2003b).

2.1.2.1. Smear tabakasının kimyasal yöntemlerle uzaklaştırılması

Smear tabakasının uzaklaştırılması için irrigasyon ajanı olarak kullanılan birçok solüsyonun kullanılması önerilmiştir. Bu amaç için kullanılacak solüsyonun kök kanal sisteminin şekillendirilmesi sırasında oluşan debris ve smear tabakasını uzaklaştırırken

kanal duvarlarını temizlemesi gerektiği görülmektedir (Kaufman ve Greenberg, 1986). Bir materyal kullanılarak uzaklaştırılan smear tabakasının miktarı kullanılan materyalin pH sına ve temas süresine bağlıdır (Morgan ve Baumgartner, 1997). Popüler bir irrigasyon ajanı olan klorheksidin organik materyali çözmediği için smear tabakasının uzaklaştırılması amacı ile kullanılmaz. Bu amaçla başvurulabilecek kimyasal yaklaşımları aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür;

2.1.2.1.1. Sodyum hipoklorit

Sodyum hipoklorit organik doku çözebilmeye özelliğine sahip bir materyaldir (Wayman ve ark., 1979; Goldman ve ark., 1982) ve bu özelliği solüsyonun sıcaklığı ile artmaktadır (Moorer ve Wesselink, 1982b). Ancak kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında veya sonrasında kullanılması kanal duvarlarını yüzeysel olarak temizleyebilmektedir ve smear tabakası sadece sodyum hipoklorit ile uzaklaştırılamamaktadır (Baker ve ark., 1975; Goldman ve ark., 1981).

2.1.2.1.2. Şelasyon ajanları

Smear tabakasını oluşturan partiküller küçük ancak geniş yüzevidir ve bu özellikleri bu partikülleri asitler tarafından çözülebilir hale getirmektedir (Pashley, 1992). En sık kullanılan şelasyon solüsyonları dentinin içindeki kalsiyum iyonları ile reaksiyona girerek onları çözülebilir kalsiyum şelatları haline getiren EDTA temellidir. EDTA'nın dentinde 5 dakika içerisinde 20- 30 µm derinliğe kadar dekalsifikasyon oluşturabildiği bildirilmiştir (Violich ve Chandler, 2010) ancak Fraser adlı araştırmacı kök kanallarının apikal üçlü bölgesinde şelasyon etkisinin hemen hemen ihmal edilebilir seviyede olduğunu bildirmiştir (Fraser, 1974).

Günümüze kadar farklı EDTA formları kök kanal irrigasyon solüsyonu olarak kullanılmıştır. EDTA ya üre peroksit eklenmiş, RC- Prep olarak adlandırılan bu ürün kabarcıklar ile debris kök kanal sisteminden uzaklaştırmak amacı ile kullanılmıştır (Stewart ve ark., 1969). Ancak RC- Prep'in kullanımının ardından kök kanal sisteminde muma benzer rezidüel bir madde kaldığı ve bu maddenin optimum sızdırmazlığı engellediği gösterilmiştir (Biesterfeld ve Taintor, 1980). Bunun yanında sıvı EDTA ya 2 farklı sürfaktan eklenmiş bu elde edilen solüsyonun smear tabakasının uzaklaştırılmasında EDTA'dan daha etkin olmadığı bildirilmiştir (Lui ve ark., 2007b).

Kuarterner amonyum olan cetrimide, solüsyonun yüzey gerilimini azaltmak ve bu mekanizma ile penetrasyonunu artırmak amacı ile EDTA ya eklenmiştir (Violich ve

Chandler, 2010). REDTA denilen bu solüsyonun kök kanal sisteminin şekillendirilmesi sırasında kullanılması ile kökün apikal bölgesi dışında smear tabakasının uzaklaştırılmasını sağladığı gösterilmiştir (Mccomb ve Smith, 1975). REDTA üzerine yapılan çalışmalarda; solüsyonun kullanılması ile dentin tübüllerinin görünür hale geldiği ve sadece çok az miktarda yüzeysel debrisin kaldığı (Mccomb ve ark., 1976), kök kanal sisteminin şekillendirilmesi aşamasında veya sonrasında kullanılması ile smear tabakasının uzaklaştırıldığı ancak odontoblastik uzantı artıklarının tamamen uzaklaştırılmadığı (Goldman ve ark., 1981) bildirilmiştir. EDTA'ya cetavlon eklenmesi ile EDTAC solüsyonu elde edilmiş ve bu solüsyonun smear tabakasının uzaklaştırılmasında REDTA'dan daha etkin olmadığı gösterilmiştir (Goldberg ve Spielberg, 1982). Araştırmacılar %0.2 EDTA ile antibakteriyel bir ajan kullanarak bir karışım elde etmişler ve yaptıkları çalışmada elde ettikleri karışımın smear tabakasının çoğunu uzaklaştırmasına rağmen dentin tübüllerinin ağızlarının çoğunun açılmadığını bildirmişlerdir (Brannstrom ve ark., 1980).

Etilen glikol tetra asetik asit (EGTA) ile EDTA'nın karşılaştırıldığı bir çalışmada smear tabakasının EDTA ile tamamen uzaklaştırıldığı ancak EDTA'nın peritübüler ve intertübüler dentinde erozyona neden olduğu, EGTA'nın ise kök kanallarının apikal üçlü bölgesinde etkin olmadığı gösterilmiştir (Calt ve Serper, 2000).

Tetrasiklin hidroklorit, minosiklin ve doksisisiklin gibi tetrasiklin izomerleri geniş spektrumlu antibiyotiklerdir. Tetrasiklinler antimikrobiyal özelliklerinin yanında bazı farklı özelliklere de sahiptirler. Konsantre solüsyonlarda düşük pH değerine sahip oldukları için kalsiyum şelasyon ajanı gibi davranarak mine ve kök yüzeyinde demineralizasyona neden olabilirler (Bjorvatn, 1982). Dentin yüzeyinde oluşturdukları demineralizasyon, sitrik asitin meydana getirdiği demineralizasyon ile karşılaştırılabilir düzeydedir (Wikesjo ve ark., 1986). Araştırmacılar, doksisisiklin hidrokloritin prepare edilmiş kanallardan smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkin olduğunu bildirmişlerdir (Barkhordar ve ark., 1997). Benzer şekilde 1% tetrasiklin hidrokloritin kök kanallarından smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkin olduğu gösterilmiştir (Haznedaroglu ve Ersev, 2001).

Smear tabakasını uzaklaştırabilen ve kök kanal sistemini dezenfekte edebilen tek bir irrigasyon solüsyonu oluşturmayı amaçlayan araştırmacılar bir tetrasiklin izomeri, asit, deterjan içeren ve MTAD olarak adlandırdıkları bir irrigasyon solüsyonu

geliştirmişlerdir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada geliştirdikleri irrigasyon solüsyonunun smear tabakasını etkin bir şekilde uzaklaştırdığını, sodyum hipokloritin ardından final yıkama solüsyonu olarak kullanıldığında dentin tübüllerinin yapısını anlamlı şekilde etkilemediğini bildirmişlerdir (Torabinejad ve ark., 2003b). Ayrıca MTAD'ın %17'lik EDTA dan daha hızlı şekilde dentin demineralizasyonu meydana getirdiği (De-Deus ve ark., 2007) ve diğer yıkama solüsyonları ile karşılaştırıldığında obturasyonun ardından bakteriyel penetrasyon sonuçlarının diğer yıkama solüsyonları ile benzer olduğu gösterilmiştir (Ghoddusi ve ark., 2007).

2.1.2.1.3. Organik asitler

Sitrik asitin smear tabakasının uzaklaştırma etkinliğinin sodyum hipokloritten üstün olduğu gösterilmiştir (Baumgartner ve ark., 1984). Sitrik asitin smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği bakımından sodyum hipokloritin yanı sıra poliakrilik asit, laktik asit ve fosforik asitten iyi sonuçlar vermektedir ancak EDTA solüsyonu smear tabakasını sitrik asitten daha etkin şekilde uzaklaştırmaktadır (Meryon ve ark., 1987). Wayman ve arkadaşları 1979 yılında yaptıkları çalışmada %10, %25 ve %50 sitrik asitin smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkili olduğunu ancak en iyi sonucun %10 sitrik asit- %2.5 sodyum hipoklorit-%10 sitrik asit solüsyonlarının sırasıyla kullanımı ile elde edildiğini bildirmişlerdir. Ancak bulguları bu çalışmayı desteklemeyen sonuçlar da mevcuttur; %17 EDTA-sodyum hipoklorit kombinasyonunun %25 sitrik asit-sodyum hipoklorit kombinasyonundan smear uzaklaştırma etkinliği yönünden üstün olduğu gösterilmiştir (Yamada ve ark., 1983b). Sitrik asit, irrigasyonun ardından kök kanal sisteminde obturasyonu olumsuz etkileyebilecek bazı kristallerin çökmesine neden olmaktadır (Violich ve Chandler, 2010).

%50 laktik asit, yıkama solüsyonu olarak kullanıldığında kanal duvarlarını temizlemesine rağmen dentin tübül ağzlarının tamamen açılmadığı görülmektedir (Wayman ve ark., 1979).

Bitter adlı araştırmacı 1989 yılında gerçekleştirdiği çalışmasında yıkama solüsyonu olarak %25 tannik asit kullanmış ve %25 tannik asit uygulaması ile hidrojen peroksit-sodyum hipoklorit kombinasyonuna göre daha temiz kanal duvarları elde edildiğini ve smear tabakasının tamamen uzaklaştırıldığını bildirmiştir. Fakat farklı bulgular tannik asitin smear tabakasındaki ve dentin matriksindeki kollajen arasında çapraz bağlanmayı

artırarak smear tabakasının organik kohezyonunu güçlendirdiğini göstermiş ve yukarıdaki sonuçlar çürütülmüştür (Sabbak ve Hassanin, 1998).

%20 poliakrilik asit ve REDTA solüsyonlarının smear uzaklaştırma etkinliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada poliakrilik asitin smear uzaklaştırma etkinliğinin REDTA dan üstün olmadığı gösterilmiştir (Mccomb ve Smith, 1975).

2.1.2.1.4. Sodyum hipoklorit ve EDTA

Kök kanal sisteminin irrigasyonunda iki yönlü bir amaç mevcuttur; organik kısmın yani mikroorganizmalar ve pulpa dokusu artıklarının oluşturduğu debrisin ve inorganik kısmın yani smear tabakasının uzaklaştırılması (Violich ve Chandler, 2010). Aynı anda organik dokuları çözebilen ve smear tabakasını demineralize eden tek bir yıkama solüsyonu olmadığı için araştırmacılar etkin bir yıkama işlemi için organik ve inorganik kısımları çözebilen solüsyonların sıra ile kullanımını önermektedir (Koskinen ve ark., 1980; Yamada ve ark., 1983b; Baumgartner ve ark., 1984). Birçok araştırmacının kök kanal sisteminin etkin olarak temizlenebilmesi amacı ile EDTA ile sodyum hipoklorit solüsyonlarının birbiri ardına kullanımı konusunda hemfikir olduğu görülmektedir (Yamada ve ark., 1983b; White ve ark., 1984). Farklı EDTA ve sodyum hipoklorit solüsyonu kombinasyonlarının kök kanal sisteminin temizlenmesi etkinliğinin karşılaştırıldığı bir çalışmada 10 mL %17 EDTA ve ardından 10 mL %5.25 sodyum hipoklorit solüsyonu kombinasyonunun en iyi etkinliğe sahip olduğu gösterilmiş (Goldman ve ark., 1982) ve bu bulgular yamada ve arkadaşları tarafından doğrulanmıştır (Yamada ve ark., 1983b).

2.1.2.2. Smear tabakasının ultrasonik yöntemle uzaklaştırılması

Dental ultrasonik cihazların geliştirilmesinin ardından devamlı bir şekilde sodyum hipoklorit irrigasyonunun ultrasonik bir sistemle aktive edilmesi kök kanallarının yıkanmasında kullanılmıştır (Violich ve Chandler, 2010). Bu yıkama prosedürü ile smear tabakasının uzaklaştırıldığını bildiren çalışmalar yapılmıştır (Cameron, 1983b; Griffiths ve Stock, 1986; Alacam, 1987). %2-4 konsantrasyonlarda ve ultrasonik olarak aktive edilmiş sodyum hipokloritin smear tabakasını uzaklaştırabildiği ancak sonuçların sodyum hipoklorit düşük konsantrasyonlarda kullanıldığında tatmin edici olmadığı bildirilmiştir (Cameron, 1988b). Aynı araştırmacının bir başka çalışmasında kanalların ultrasonik enerji ile yıkama periyodları karşılaştırılmış ve 3 ve 5 dakikalık sürelerin

smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkin olduğu ancak ultrasonik olarak aktive edilmiş yıkama süresi 1 dakika olduğunda smear tabakasının kök kanallarından verimli bir şekilde uzaklaştırılmadığı bildirilmiştir (Cameron, 1983b). Ancak bahsedilen sonuçların aksine ultrasonik enerji ile aktive edilmiş yıkamanın kök kanal sisteminden smear tabakasının uzaklaştırılmasında başarısız olduğunu bildiren araştırmacılar da vardır (Cymerman ve ark., 1983; Baker ve ark., 1988).

Yıkama solüsyonunun ultrasonik enerji ile aktive edilmesini kök kanal sisteminin irrigasyonuna uyarlayan araştırmacılar bu çalışmalarında bu prosedürü kök kanallarının şekillendirilmesinin ardından final yıkama işlemi olarak tanımlamışlardır (Ahmad ve ark., 1987a; Alacam, 1987; Cameron, 1988b). Bu nedenle pasif ultrasonik irrigasyon olarak adlandırılan prosedür hakkında 2007 yılında yayınlanmış bir derleme de bulunmaktadır (Van der Sluis ve ark., 2007a). Araştırmacılar kök kanal sisteminin şekillendirilmesi süresince eğenin kök kanal duvarlarına direkt fiziksel temasının akustik yıkama etkinliğini azaltacağını iddia etmişlerdir (Ahmad ve ark., 1987a; Ahmad ve ark., 1987c). Akustik yıkama, küçük eğelerin ucu solüsyonun içerisinde serbest olarak vibrasyon yaptığında maksimum etkinliğe sahiptir (Violich ve Chandler, 2010). Lumley adlı araştırmacı prosedürün maksimum etkinliği için 15 numaralı eğelerin kullanılması gerektiğini bildirmiştir (Lumley ve ark., 1992). Prati (1994) adlı araştırmacı da ultrasonik enerji ile aktive edilmiş yıkama işlemi ile smear tabakasının uzaklaştırıldığını bildirmiştir. Fakat sonuçları bahsedilen bulguları desteklemeyen çalışmalar da mevcuttur. Musluk suyu ile sodyum hipokloritin smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin değerlendirildiği bir çalışmada ultrasonik olarak aktive edilmiş musluk suyu ve sodyum hipokloritin smear uzaklaştırma etkinliği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı ve iki solüsyonun da ultrasonik enerji ile aktive edildiklerinde smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkin olmadığı (Walker ve Del Rio, 1989; 1991), ultrasonik olarak aktive edilmiş sodyum hipokloritin kök kanallarından smear uzaklaştırmada etkin olmadığı (Baumgartner ve Cuenin, 1992), %15 EDTAC ile kombine edilmediğinde ultrasonik olarak aktive edilmiş distile su ve %1 sodyum hipokloritin kök kanallarından smear tabakasını tamamen uzaklaştıramadığı (Guerisoli ve ark., 2002a) bildirilmiştir.

2.1.2.3.Smear tabakasının lazer kullanılarak uzaklaştırılması

Lazerler kök kanalındaki dokuları buharlaştırmak, smear tabakasını uzaklaştırmak ve kök kanalının apikal bölgesinde kalan dokuları elimine etmek amaçları ile kullanılabilir (Takeda ve ark., 1998a; 1998b; 1999). Lazerlerin etkileri; güç seviyeleri, uygulanma süreleri, dokular tarafından absorbe edilen miktarları, kök kanal sisteminin geometrisi ve lazer ucu- sert doku arasındaki mesafe gibi faktörlere bağlıdır (Dederich ve ark., 1984; Önal ve ark., 1993; Moshonov ve ark., 1995).

Dederich ve ark. (1984) ile Tewfik ve ark. (1993) ise Ne: YAG lazer kullanarak yaptıkları çalışmalarda smear tabakasında hiç değişiklik olmamasından tabakanın parçalanmasına, dentinin erimesine ve rekristalizasyonuna kadar uzanan farklı sonuçlar bildirmişlerdir. Lazer uygulanması ve dentinde erimeye ulaşabilen etkileri; karbon dioksit lazer (Önal ve ark., 1993), argon florit eksimer lazer (Stabholz ve ark., 1993) ve argon lazer (Moshonov ve ark., 1995; Harashima ve ark., 1998) kullanılarak yapılan çalışmalarda da gösterilmiştir. Er:YAG lazer kullanılarak gerçekleştirilmiş bazı çalışmalarda smear tabakasının optimum şekilde ve diğer lazer tiplerinin dentinde oluşturabileceği erime ve rekristalizasyon gibi değişiklikler olmadan uzaklaştırılabildiği bildirilmiştir (Takeda ve ark., 1998a; 1998b; 1999). Kimura ve ark. (2002), adli araştırmacı da Er:YAG lazer kullanarak yaptığı çalışmada smear tabakasının uzaklaştırıldığını göstermiştir ancak aynı Er: YAG lazer aynı zamanda peritübüler dentinde yıkıma da neden olmuştur.

Lazer kullanılarak smear tabakasının uzaklaştırılması prosedürlerinde zorluk görece daha büyük olan lazer uçlarının kök kanal sisteminin küçük bölgelerine ulaşamaması olarak öne çıkmaktadır (Violich ve Chandler, 2010).

2.2.ENDODONTİK TEDAVİDE İRRİGASYON

Periapikal bölgede hastalık oluşmasının bakterilere bağlı olduğu bilinmektedir (Kakehashi ve ark., 1965; Bergenholtz, 1974).Başarılı bir endodontik tedavinin esasını kök kanal sisteminin kompleks anatomik yapısı içindeki bakteriyel yükü, bakterilerin apikal periodontitis oluşturabileceği eşik sayısının altına indirilmesi oluşturmaktadır (Siqueira ve Rôças, 2008). Periapikal iyileşme sürecini değiştirmeksizin kompanse edilebilecek kesin bakteri sayısı bilinmediği için obturasyon öncesinde kök kanal sistemindeki tüm bakterilerin elimine edilmesi ideal olarak kabul edilmektedir (Park ve

ark., 2012). Obturasyon öncesinde kök kanallarından negatif kültür alınması ile periapikal iyileşme arasında pozitif korelasyon gösterilmiştir (Sjogren ve ark., 1997).

2.2.1. İRRİGASYONUN GENEL AMAÇ VE FAYDALARI

Tüm kök kanal tedavisi prosedürlerinin temel amacı; vital ve nekrotik pulpa artıklarının, mikroorganizmaların ve mikrobiyal toksinlerin mekanik şekillendirme ve irrigasyon ile lokal olarak uygulanan medikamanlar yoluyla gerçekleştirilen kimyasal dezenfeksiyon yaklaşımları ile uzaklaştırılması, elimine edilmesidir (Sirén ve ark., 2004; Haapasalo ve ark., 2010).

Değerlendirme kriteri olan ve rotary sistemler ile manuel eğeleme işlemlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada döner aletler ile gerçekleştirilen şekillendirme prosedürünün manuel eğeleme işleminden üstün olmadığı ve her iki prosedürün de bakterilerin kök kanal sisteminden tamamen elimine edilmesinde başarısız olduğu bildirilmiştir (Dalton ve ark., 1998). Benzer bir konunun araştırıldığı bir başka çalışmada rotary nikel- titanyum eğeler ile yapılan mekanik şekillendirme işleminin özellikle kökün apikal üçlü bölgesinde manuel eğeler ile gerçekleştirilen mekanik şekillendirme prosedürüne göre daha az debris birikimine yol açtığı fakat kök kanal duvarlarındaki dokunulmamış bölgeler değerlendirildiğinde iki yaklaşım arasında anlamlı fark olmadığı gösterilmiştir (Taha ve ark., 2010). Çalışmalar ni- ti ege sistemlerinin orijinal kanal kurvatürünü izleme ve transportasyon kriterleri yönünden çelik manuel eğelere üstün olduğunu bildirmektedir, döner sistemler daha az transportasyon oluştursalar da bakteri eliminasyonu değerlendirildiğinde iki prosedür arasında anlamlı farklar görülmemektedir (Schäfer, 2001; Schäfer ve Lohmann, 2002; Sirén ve ark., 2004; Gluskin, 2007).

Yıkama uygulamadan yapılan mekanik preparasyonun irrigasyon ile yapılan mekanik şekillendirmeden %70 daha fazla dentin debris oluşumuna neden olduğu gösterilmiştir (Baker ve ark., 1975). Yıkama solüsyonu olarak steril salin kullanılmasının dahi kök kanal sistemindeki bakteri sayısını anlamlı derecede azalttığı bildirilmiştir (Bystrom ve Sundqvist, 1981). Yıkama solüsyonu olarak steril salin yerine %0.5'lik sodyum hipoklorit gibi antimikrobiyal özelliği olan bir ajan kullanıldığında bakteri sayısındaki azalma miktarı istatistiksel olarak anlamlı derecede artmaktadır (Bystrom ve Sundqvist, 1983). Benzer olarak döner ege sistemleri ile yapılan mekanik şekillendirme işleminde

yıkama solüsyonu olarak salin kullanıldığında kök kanal sistemindeki bakteri sayısı anlamlı derecede azalırken yıkama solüsyonu olarak %1'lik NaOCl kullanıldığında bakteri sayısında çok daha fazla azalma olduğu bildirilmiştir (Shuping ve ark., 2000). Klinikte farklı konsantrasyonlarda kullanılan sodyum hipoklorit, güncel olarak primer yıkama solüsyonu olarak değerlendirilmektedir (Haapasalo ve ark., 2010) ancak sodyum hipoklorit yine de bakterilerin kök kanal sisteminden tamamen uzaklaştırılmasını sağlayamamaktadır (Nair ve ark., 2005). Yapılan çalışmalarda kök kanal sisteminde ulaşılamayan bölgelerde bakteriyel biyofilm varlığı bildirilmiş ve gerek dentin tübüllerindeki gerekse mekanik şekillendirme işleminde ulaşılamayan alanlardaki bakteriler retreatment'in temel nedeni olarak gösterilmiştir (Ricucci ve Siqueira, 2010a; Vieira ve ark., 2012). Ancak mekanik şekillendirme yoğun irrigasyon ile gerçekleştirilse dahi kök kanal sisteminde bulunan istmusların hacim olarak %35 lik kısmının dentin debris ile dolabileceği bildirilmiştir (Cergneux ve ark., 1987b).

Kanal morfolojisini konu alan çalışmalarda kök kanallarının çok nadir olarak konik veya düz olduğu bildirilmiş, kök kanal sisteminin çoğu zaman lateral ve aksesuar kanallara, apikal deltalara, ağ benzeri oluşumlara, anastomozlara, dallanmalara ve istmuslara sahip olduğu gösterilmiştir (Ricucci ve Siqueira Jr, 2010a; b).

Mandibuler kesicilerde mekanik preparasyon sonrasında dişlerin %65'inde eğerlerin ulaşamadığı bölgelerin varlığı bildirilmişken (Wu ve Wesselink, 2001), mandibuler molar dişlerin distal köklerinde bu oran %65-75 aralığına kadar (Paqué ve ark., 2010) yükselebilmektedir. Prepare edilmiş kök kanal sistemlerinde yukarıdaki oranlara ulaşabilen ve bakterilere hayatta kalmak ve üremek için sığınak görevi gören bölgeler varlığında sodyum hipoklorit gibi bir yıkama ajanı etkin bir şekilde uygulandığında pulpa dokusunun çözülmesi (Senia ve ark., 1971a) ve bakterilerin elimine edilmesi (Rôças ve Siqueira, 2011) noktalarında etkinlik gösterebilmektedir. Böylece mekanik preparasyonun, yıkama solüsyonlarının etkilerini gösterebilmesi için kök kanallarının her bölgesine giriş sağlayabilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Gulabivala ve ark., 2005). İrrigasyon ve irrigasyon solüsyonları bu nedenle; eğerlerin ulaşamadığı bölgelerde etkin kullanılmaları halinde kompleks kök kanal anatomisi gösteren kanal duvarlarına, mekanik şekillendirmenin mümkün kıldığı oranda, her düzlemde temas edebilmeleri sayesinde pulpa artıkları, dentin debris ve bakteri ile bakteri ürünlerinin

kök kanallarından uzaklaştırılması prosedürlerinde kemomekanik preparasyonun hayati önemli bir kısmını oluşturmaktadır (Park ve ark., 2012).

2.2.2. İDEAL İRRİGASYON SOLÜSYONUNUN ÖZELLİKLERİ

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. Dişi 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)

2.2.3. ENDODONTİK TEDAVİDE KULLANILAN KONVANSİYONEL VE GÜNCEL İRRİGASYON SOLÜSYONLARI

Endodontik tedavide sık kullanılan irrigasyon ajanlarını şu şekilde sınıflandırmak mümkündür;

- A. Kimyasal ajanlar
 - a. Doku çözücü ajanlar: Sodyum hipoklorit
 - b. Antibakteriyel ajanlar
 - Bakteriostatik: CHX

- Bakterisidal: sodyum hipoklorit
 - c. Şelasyon ajanları: Etilen diamin tetra asetik asit (EDTA)
 - d. Kombinasyon olarak üretilenler(doku çözücü ve antibakteriyel etkiye aynı anda sahip olanlar)
 - MTAD
 - QMix
- B. Doğal ajanlar: antibakteriyel etkinliğe sahip olan yeşil çay ve triphala gibi ajanlar

2.2.3.1.Sodyum hipoklorit (NaOCl)

Klorin, doğada serbest halde değil, sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum ile birlikte bulunan bir elementtir (Zehnder, 2006b).

Aköz olarak üretilen ilk aköz klorin solüsyonu; potasyum hipoklorittir ve Fransa da Berthollet tarafından bulunmuştur (Zehnder, 2006b). Sodyum hipoklorit ise ilk olarak Javelle, Fransa da 1789 yılında, klorinin gazının sodyum karbonat solüsyonundan geçirilmesi ile elde edilmiştir ve Javel Suyu olarak bilinen solüsyon sodyum hipokloritin zayıf bir formudur (Basrani ve Haapasalo, 2012). Birinci Dünya Savaşı sırasında %0.5 konsantrasyonda, yaraların temizliği için kullanılmış (Da Costa Ribeiro ve ark., 2007) daha sonra endodontik prosedürlerde kullanımı önerilmiş (Dalat ve Spangberg, 1994) ve 1920'lerin başından beri aköz sodyum hipoklorit kök kanal tedavisi prosedürlerinde temel irrigasyon solüsyonu olarak kullanılmıştır (Zehnder, 2006a). Kloramin- T ve sodyum dikloroizosiyanurat gibi farklı klorin salan bileşikler de endodontik yaklaşımlar açısından değerlendirilmiş (Heling ve ark., 2001) ancak sodyum hipokloritin etki düzeylerine erişemediklerinden klinik kullanım için hiçbir zaman geniş anlamda kabul görememişlerdir (Naenni ve ark., 2004).

Sodyum hipokloritin doku proteinleri ile teması sonucunda çok kısa süre içerisinde peptid bağları yıkılarak proteinler çözülmekte ve solüsyonun antimikrobiyal aktivitesinin kaynağını oluşturan kloraminler imino gruplarındaki hidrojenlerin klorinle yer değiştirmesi sonucu meydana gelmektedir (Basrani ve Haapasalo, 2012). Sodyum hipokloritin kök kanal tedavisi sırasında kullanılması ile ortamda dinamik bir denge oluşturduğu gösterilmiştir (Estrela ve ark., 2002). Aminoasitleri nötralize ederek su ve

tuz oluşturmaktadır. Sodyum hipoklorit organik yapıları ve yağları çözerek yağ asitlerini asit tuzlarına ve gliserole indirger böylece kalan solüsyonun yüzey gerilimini düşürür (Basrani ve Haapasalo, 2012).

Mükemmel antibakteriyel etkinliği olan, nekrotik doku, vital pulpa dokusu ve dentin ve biofilmlerin organik kısımlarını çözebilme kapasitesine sahip bir yıkama solüsyonudur (Senia ve ark., 1971b).

İdeal irrigasyon solüsyonunda aranılan özelliklerin çoğunu bünyesinde barındıran sodyum hipoklorit bu nedenle kullanılan yıkama solüsyonlarının en ideal olanı olarak tanımlanmıştır (Mohammadi, 2008).

Sodyum hipoklorit, kök kanal sisteminden uzaklaştırılması zor olan *Enterococcus*, *Actinomyces* ve *Candida* türleri de dahil olmak üzere birçok mikroorganizmayı kapsayan geniş spektrumlu antimikrobiyal aktiviteye sahiptir (Hancock ve ark., 2001). %0.25'lik sodyum hipoklorit solüsyonunun enfekte dentin bloklarından *Enterococcus faecalis*'i 15 dakikada, *Candida albicans*'ı ise 1 saatte elimine ettiği gösterilmiştir (Sen ve ark., 1999). Çekilmiş dişlerle yapılmış bir çalışmada %6'lık NaOCl ve %2'lik CHX'in 1 dakika uygulandıklarında aynı antibakteriyel etkiye sahip oldukları ve bu etkinin MTAD ve %17'lik EDTA solüsyonlarından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu bildirilmiştir (Ruff ve ark., 2006).

Endodontik prosedürler sırasında sodyum hipoklorit solüsyonları %0.5-6 arası konsantrasyonlarda kullanılmaktadır (Basrani ve Haapasalo, 2012).

Yüksek konsantrasyonlarda hem vital hem nekrotik dokuları çözebilme kapasitesine sahipken %0.5-1 gibi düşük konsantrasyonlarda esas olarak nekrotik dokuyu çözebilmektedir (Zehnder ve ark., 2002). Ancak düşük konsantrasyonda bile eğer fazla hacimde uygulanırsa etkisinin yüksek konsantrasyonlu kullanımı ile eşit olacağı bildirilmiştir (Moorer ve Wesselink, 1982a; Siqueira ve ark., 2000). Bazı *in vitro* çalışmalar yüksek konsantrasyonda sodyum hipokloritin *Enterococcus faecalis* ve *Candida albicans*'a karşı daha etkin olduğunu bildirirken (Gomes ve ark., 2001; Radcliffe ve ark., 2004) farklı klinik çalışmalar düşük ve yüksek konsantrasyonların bakterilerin kök kanal sisteminden eliminasyonunda eşit etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Bystrom ve Sundqvist, 1981). Sodyum hipokloritin yüksek konsantrasyona sahip solüsyonları düşük konsantrasyona sahip olanlara göre daha

toksiktir. Kök kanallarının yıkanmasında eğer düşük konsantrasyonda uygulanacaksa yüksek hacimlerde kullanılması önerilmektedir (Basrani ve Haapasalo, 2012).

Literatürde sodyum hipokloritin antimikrobiyal etkinliğine dair oldukça farklı bulgulara rastlanmaktadır. Bazı çalışmalarda sodyum hipokloritin hedef mikroorganizmaları düşük konsantrasyonda olduğunda bile dakikalar hatta saniyeler içinde elimine edebildiği bildirilirken farklı çalışmalarda aynı türde mikroorganizmaların eliminasyonu için oldukça uzun sürelerin gerekli olduğu bildirilmektedir (Haapasalo ve ark., 2010). Bu farklılıkları büyük oranda deney sırasında ortamda organik materyal bulunması meydana getirmektedir çünkü ortamda organik maddelerin bulunması sodyum hipokloritin antibakteriyel etkinliğini anlamlı derecede azaltmaktadır (Basrani ve Haapasalo, 2012). Ortamda dentin bulunmasının %1 sodyum hipoklorit solüsyonunun *E.faecalis*'i elimine etme süresini anlamlı derecede arttırdığı bildirilmiştir (Haapasalo ve ark., 2010). Sodyum hipokloritin antimikrobiyal etkinliğini azaltabilecek faktörler ortadan kaldırıldığında solüsyon %0.1 gibi çok düşük konsantrasyonlarda dahi hedef mikroorganizmaları hızlı bir şekilde elimine edebilmektedir (Vianna ve ark., 2004; Portenier ve ark., 2005). İnflamatuar eksuda, doku artıkları ve bakteri ile bakteri ürünleri gibi organik materyalin *in vivo* ortamlarda devamlı olması sodyum hipokloriti tüketerek etkisini zayıflatır (Basrani ve Haapasalo, 2012). Bu nedenle sık irrigasyon ve temas süresi sodyum hipokloritin etkinliği için çok önemli faktörlerdir (Haapasalo ve ark., 2010). Sodyum hipoklorit gibi hızlı etki eden ajanlar kullanılsa dahi kullanılan ajanların potansiyellerine ulaşabilmeleri için yeterli çalışma süresi gerekli faktörlerden biridir (Basrani ve Haapasalo, 2012). Sodyum hipokloritin doku çözücü ve antibakteriyel etkinliklerinin kaynağı olan klorin, doku çözülmesi sürecinin ilk 2 dakikası içerisinde hızlıca tüketilir (Moorer ve Wesselink, 1982a), bu nedenle solüsyonun tazelenmesi çok önemlidir.

Sodyum hipoklorit preparatlarının etkinliklerinin artırılması için; solüsyonun pH sı veya sıcaklığı artırılmalı, konsantrasyonu yükseltmeli veya çalışma süresi uzatılmalıdır (Cheung ve Stock, 1993b).

Tek başına kullanıldığında dentin debrisini ve smear tabakasını minimal düzeyde uzaklaştırabildiği için araştırmacılar mekanik şekillendirme prosedürleri sonucu meydana gelen ve dentin tübülleri ve lateral kanallar gibi bölgelere irrigasyon solüsyonlarının ulaşarak etki göstermesini engelleyen smear tabakasının

uzaklaştırılabilmesi için demineralize edici ajanlarla birlikte kullanılmasını önermektedir (Bystrom ve Sundqvist, 1985).

Sodyum hipokloritin dentin tübüllerine penetrasyonunu analiz eden çok fazla çalışma bulunmamaktadır (Basrani ve Haapasalo, 2012). Bu konuda yapılmış oldukça kapsamlı bir çalışmada; sodyum hipokloritin dentin tübüllerine penetrasyon derinliğinin 77-300 µm arasında değiştiği, penetrasyon derinliğini potansiyel olarak etkileyen 3 faktörün konsantrasyon, temas süresi ve solüsyonun sıcaklığı olduğu, bu 3 faktörün hiçbirinin penetrasyon derinliğinde çok anlamlı farklar oluşturmadığı, 3 faktör de sağlandığında en fazla penetrasyon derinliğine ulaşıldığı, sodyum hipoklorit solüsyonunun etkisinin büyük bir kısmını ilk 2 dakika içerisinde kaybettiği ve bu nedenle solüsyonun tazelenmesinin çok önemli olduğu gösterilmiştir (Zou ve ark., 2010).

Dentinin bükülme direncinin %2.5'lik sodyum hipoklorite 24 dakika maruz kalması sonucu azaldığı (Marending ve ark., 2007), 2 saatlik temasın ise dentinin hem eğilme hem bükülme direncini anlamlı derecede azalttığı (Grigoratos ve ark., 2001) bildirilmiştir. Dentinde meydana gelen kalsiyum iyonu kaybının temel nedenlerinin ise sodyum hipoklorit solüsyonunun konsantrasyonu ve temas süresi olduğu gösterilmiştir (Sayin ve ark., 2009).

2.2.3.2.Klorheksidin (CHX)

CHX 50 yılı aşkın bir süre önce İngiltere de geliştirilmiş ve ilk kez antiseptik bir krem olarak İngiltere'de satışa sunulmuştur (Fardal ve Turnbull, 1986). 1957 den itibaren ise insan ve hayvanlarda dezenfeksiyon amacı ile ve deri, göz ve boğaz enfeksiyonlarının tedavisinde kullanılmıştır (Löe, 1973; Fardal ve Turnbull, 1986).

Polibiguanid antibakteriyel molekül ailesinden olan ve 2 simetrik 4- klorofenil halkası ile 2 biguanid grubunun heksametilen zinciri ile bağlanması ile meydana gelen CHX, kuvvetli bazik yapıda ve kararlı bir moleküdür (Basrani ve Haapasalo, 2012). CHX diglukonat tuzu suda kolayca çözünebilmektedir (Greenstein ve ark., 1986).

Gram-pozitif, gram-negatif bakterilere ve mayalara karşı etkili, geniş spektrumlu bir antimikrobiyal ajandır (Block, 2001). Katyonik doğası sayesinde bakterilerin negatif yüklü yüzeylerine tutunarak (Davies, 1973) hücre duvarının dış tabakalarına hasar verir ve hücre duvarını geçirgen hale getirir (Hennessey, 1973). Yüksek konsantrasyonlarda bakterisidal, düşük konsantrasyonlarda ise bakteriostatik etkinliğe sahiptir (Basrani ve Haapasalo, 2012).

Katyonic bir molekül olduğu için oral mukoza gibi anyonik yapılar tarafından absorbe edilebilmektedir (Winrow, 1973). CHX ayrıca serum ve tükürükte bulunan albümin gibi proteinlere, diş yüzeyinde bulunan pelikül tabakasına, tükürük glikoproteinlerine ve müköz membranlara da bağlanabilmektedir (Turesky ve ark., 1977). CHX'in bu bağlanma reaksiyonu geri dönüşebilir bir reaksiyondur (Hjeljord ve ark., 1973). Bunun yanında CHX molekülü hidroksiapatit ve diş tarafından da reversible olarak adsorbe edilebilmektedir (Basrani ve Haapasalo, 2012). CHX'in reversible olarak alınımlı ve salınımlı reaksiyonları molekülün uzun süreli antimikrobiyal aktiviteye sahip olmasını sağlamaktadır (Mohammadi ve ark., 2008). Düşük konsantrasyonlarda (%0.005-0.01 gibi) tek bir tabaka halinde adsorbe edilen ve dentinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyerek bakteri kolonizasyonunu engelleyebilen veya azaltabilen CHX molekülü yüksek konsantrasyonlarda ise (>0.02 gibi) diş yüzeyi tarafından birkaç tabaka halinde adsorbe edilerek bir rezervuar görevi görmektedir ve çevre yapılarında CHX konsantrasyonu düştükçe salınımlı ile bu konsantrasyonu arttırabilmektedir (Emilson ve ark., 1973). Bazı çalışmalar uzun süreli antimikrobiyal etkinliğinin konsantrasyonla arttığını bildirirken (Mohammadi ve Abbott, 2009) bazı çalışmalar bu etkinin konsantrasyondan ziyade süre ile bağlantılı olduğunu bildirmektedir (Southard ve ark., 1989). Genel olarak CHX'in kök kanal sisteminde rezidüel antimikrobiyal aktivitesinin 12 haftaya kadar sürebileceği söylemek mümkündür (Mohammadi ve Abbott, 2009). Medikal alanda genellikle %50.12-2 arası konsantrasyonlarda kullanılan CHX'in gerek lokal gerekse sistemik olarak çok düşük düzeyde doku toksisitesine sahip olduğu bildirilmiştir (Asboe-Jørgensen ve ark., 1974). Ayrıca subgingival yıkama solüsyonu olarak kullanıldığında da gingival dokularda toksik reaksiyon oluşmadığını gösteren çalışmalar mevcuttur (Löe ve Rindom Schiøtt, 1970; Southard ve ark., 1989). İki ayrı çalışmada, domuz ve ratların subkütan dokularına CHX ve sodyum hipoklorit enjeksiyonu sonucunda inflamatuvar reaksiyonlar oluşmuş ancak sodyum hipokloritin CHX'den anlamlı derecede şiddetli reaksiyona neden olduğu bildirilmiştir (Yesilsoy ve ark., 1995; Önçağ ve ark., 2003). İlaveten 3. Molar cerrahilerinde operasyon bölgesine CHX uygulanmasının alveoler osteitis oluşması insidansını azalttığı bildirilmiştir (Caso ve ark., 2005). Meydana geldiği bildirilen CHX'e ait alerjik ve anafilaktik reaksiyon vakası çok az olmasına rağmen (Okano ve ark., 1989; Garvey ve ark., 2001) CHX'in insan derisindeki fibroblastlara sitotoksik etkisinin olduğu da çalışmaların bulguları

arasındadır (Hidalgo ve Dominguez, 2001). Başka bir çalışmada CHX'in povidon iodin den daha yüksek bir toksisite profiline sahip olduğu gösterilmiştir (Cabral ve Fernandes, 2007). Faria ve ark. (2007), farelerin arka patilerine CHX enjekte etmişler ve şiddetli toksik reaksiyonlar oluştuğunu bildirmişlerdir.

Endodontide CHX hem yıkama solüsyonu olarak hem de kanal içi medikaman olarak gerek *in vivo* (Manzur ve ark., 2007; Paquette ve ark., 2007) gerekse *in vitro* (Basrani ve ark., 2003; Basrani ve ark., 2004) çalışmalarda incelenmiştir. *In vitro* olarak kalsiyum hidroksit'e eşit hatta daha üstün antimikrobiyal etkiye sahip olduğu (Lima ve ark., 2001), %2'lik konsantrasyona sahip preparatının *E. Faecalis*'in oluşturduğu biyofilmi etkin şekilde elimine edebildiği (Lindskog ve ark., 1998) bildirilmiştir. *In vivo* çalışmalarda ise 4 haftalık uygulama sonucunda deneysel olarak başlatılmış inflamatuvar eksternal kök rezorbsiyonunu inhibe ettiği (Barbosa ve ark., 1997), 1 haftalık uygulama süresi ile enfekte kök kanallarında bakteri sayısını kalsiyum hidroksite eşdeğer ölçüde azalttığı (Kuruvilla ve Kamath, 1998) gösterilmiştir. Kalsiyum hidroksitin aksine uzun süreli antimikrobiyal aktivitesi sayesinde, kök dentinine uygulanması ile kök kanal duvarlarında bakteri kolonizasyonunu uzun süre engellediği bildirilmiştir (Jeansonne ve White, 1994; Komorowski ve ark., 2000). Bulgular CHX'in etkinliğinin uygulanma yoluna değil konsantrasyonuna bağlı olduğunu göstermektedir (Basrani ve ark., 2002).

CHX'in sıvı veya jel formunun endodontik yıkama solüsyonu olarak kullanılması önerilmiş ve farklı özellikleri birçok çalışmada analiz edilmiştir (Leonardo ve ark., 1999; Zamany ve ark., 2003). Yapılan çalışmalarla CHX'in antibakteriyel etkinliğinin konsantrasyonuna bağlı olduğu sonucuna varılmaktadır (Basrani ve ark., 2003). Bu bulguların dışında %2'lik CHX'in sıvı formunun kanal duvarlarının temizlenmesinde %2.5'luk sodyum hipoklorit kadar etkin olmadığını (Yamashita ve ark., 2003), enfekte kök kanalları 30 dakika boyunca %2.5'lik sodyum hipoklorit ve 0.12 CHX ile yıkandığında sodyum hipokloritin etkinliğinin CHX'ten anlamlı derecede yüksek olduğunu (Ringel ve ark., 1982) gösteren çalışmalar yapılmıştır. Bir başka çalışmada ise dişler %1'lik sodyum hipoklorit irrigasyonu ile şekillendirilmiş ve final yıkama solüsyonu olarak %2 sıvı formda CHX ve salin solüsyonu kullanılmıştır. Araştırmacılar final yıkama solüsyonu olarak kullanıldığında CHX'in kök kanallarında salin solüsyonuna göre çok daha iyi dezenfeksiyon sağladığını bildirmişlerdir (Zamany ve ark., 2003). Apikal periodontitisli dişlerde %2'lik CHX jelin etkinliğinin %2.5'lik

sodyum hipoklorit solüsyonu ile karşılaştırıldığı bir çalışmada bakteri sayısındaki ve koloni oluşturan birim sayısındaki azalmanın sodyum hipoklorit grubunda anlamlı derecede daha fazla olduğunu analiz etmişlerdir (Vianna ve ark., 2006). Bu sonuçların aksine literatürde enfekte kanalların yıkanmasında 0.12 sıvı CHX ve %2.5 sodyum hipoklorit kullanıldığında iki solüsyonun antibakteriyel etkinliği arasında anlamlı fark olmadığını gösteren bulgular da mevcuttur (Siqueira ve ark., 2007).

2.2.3.3.EDTA

Sodyum hipoklorit tek başına bir endodontik yıkama ajanı olarak bir yıkama solüsyonundan beklenen özelliklerin önemli bir kısmını karşılama da inorganik dentin partiküllerini çözemediği için mekanik preparasyon sırasında smear tabakasının oluşumunu engelleyememektedir (Lester ve Boyde, 1977). Bu nedenle endodontik tedavilerde EDTA gibi şelasyon ajanlarının kullanımı önerilmektedir (Zehnder ve ark., 2005). 1950'lerin ikinci yarısında endodontik kullanıma dahil olan EDTA oldukça biyouyumludur (Zehnder ve ark., 2005).

Antiseptik potansiyeli çok sınırlı olmasına rağmen (Patterson, 1963) smear tabakasının uzaklaştırılmasında yüksek etkinliğe sahiptir (Zehnder ve ark., 2005).

EDTA'nın demineralize edici etkinliği ortamda bulunan aktif miktarına bağlıdır çünkü demineralizasyon süreci tüm şelatörler kalsiyum ile kompleks oluşturduğunda sona ermektedir (Hulsmann ve ark., 2003). Kalsiyuma bağlanma ortamına proton salınmasına neden olmaktadır ve EDTA asidik ortamda etkisini yitirdiğinden aslen kendini limitleyen bir etkinliğe sahiptir (Seidberg ve Schilder, 1974).

Bir çalışmada EDTA solüsyonlarının dentin tübüllerinde 50 µm derinliğe kadar demineralizasyon oluşturduğu bildirilmesine rağmen (Hulsmann ve ark., 2003) EDTA irrigasyonun dentinde dramatik ölçüde erozyona neden olduğu da gösterilmiştir (Torabinejad ve ark., 2003a).

Bakteriyel çoğalma inhibisyonunun analiz edildiği bir çalışmada EDTA'nın antibakteriyel etkinliğinin sitrik asit ve %0.5'lik sodyum hipokloritten yüksek ancak %2.5'lik sodyum hipoklorit ve %2 CHX ten düşük olduğu bildirilmiştir (Siqueira ve ark., 1998).

Bulgular dentinin kalsiyum hidroksit, iodin potasyum iodid (IKI) ve CHX gibi ajanların antibakteriyel etkinliğini inhibe ettiğini (Haapasalo ve ark., 2000; Portenier ve ark., 2002) ve sodyum hipokloritin etken maddesi olan klorinin etkinliğinin EDTA tarafından

inaktive edildiğini göstermektedir (Grawehr ve ark., 2003). Gerek EDTA gerek sitrik asit, sodyum hipoklorit solüsyonunun içerisindeki etken klorin miktarını azaltarak hipoklorit solüsyonunun bakteriler ve nekrotik doku üzerindeki etkinliğini azaltmaktadır (Zehnder ve ark., 2005). Bu bulgular ışığında EDTA'nın endodontik tedavide mekanik şekillendirme prosedürünün ardından smear tabakasının uzaklaştırılması için kullanılması önerilmekte ve EDTA irrigasyonunun obturasyon materyali ile kanal duvarı arasında ileride meydana gelebilecek bakteriyel penetrasyonu engelleyemeyeceği bildirilmektedir (Yamada ve ark., 1983b; Saleh ve ark., 2008).

2.2.3.4.MTAD

MTAD antibiyotik, sitrik asit ve bir deterjanın karışımı temeline dayanan yeni bir irrigasyon solüsyonudur (Torabinejad ve Johnson, 2002). Aynı anda kök kanal sisteminde dezenfeksiyon sağlarken smear tabakasını da uzaklaştırma kapasitesine sahip olan piyasaya sürülmüş ilk kombinasyon ürünüdür. %3 doksisisiklin, %4.25 sitrik asit ve %0.5 polisorbat (Tween 80) deterjan karışımı içermektedir. Klinik pratikte kemomekanik preparasyon prosedürünün tamamlanmasının ardından final yıkama solüsyonu olarak kullanılması önerilmektedir (Shabahang ve ark. 2002; Shabahang ve Torabinejad, 2003; Torabinejad ve ark., 2004).

MTAD'ın bakterileri elimine etme ve smear tabakasını uzaklaştırmasının kesin mekanizması hakkında detaylı bilgi bulunmamaktadır (Basrani ve Haapasalo, 2012). MTAD'ın içerisinde bulunan doksisisiklin ve sitrik asit elemanlarının ikisinin de smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkin olduğu bildirilmiştir (Haznedaroğlu ve Ersev, 2001). Zhang ve ark. (2006), MTAD, öjenol, %3 hidrojen peroksit, REDTA solüsyonu, 0.12% CHX, kalsiyum hidroksit ve %5.25, 2.63, 1.31, 0.66 sodyum hipoklorit solüsyonlarının sitotoksitesini analiz ettikleri çalışmada; MTAD'ın öjenol, %3 hidrojen peroksit, kalsiyum hidroksit, %5.25 sodyum hipoklorit, %0.12 CHX ve REDTA'dan daha düşük, %2.63, 1.31 ve 0.66 sodyum hipokloritten ise daha yüksek sitotoksite değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Çekilmiş insan dişleri kullanılarak MTAD'ın smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin analiz edildiği bir çalışmada MTAD'ın kök kanalının apikal üçlü bölgesinde dentin tübüllerinin temizlenmesi ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında daha etkin olduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada bulgular MTAD'ın kökün koronal ve orta üçlü bölgelerinde EDTA'dan daha az dentin erozyonu meydana getirdiğini göstermişlerdir.

Araştırmacılar MTAD'ın smear tabakasının uzaklaştırılmasındaki kapasitesini MTAD solüsyonu içerisindeki sitrik asit, doksisiklin ve Tween 80 deterjanı kombinasyonu ile açıklamışlardır (Torabinejad ve ark. 2004). İki farklı çalışmada MTAD ve EDTA smear tabakasının uzaklaştırılması yönünden analiz edilmiş ancak bu iki solüsyon arasında anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir (Tay ve ark. 2006a; Tay ve ark., 2006b).

Agar besi yerlerinde inhibisyon zonlarının analizinin yapıldığı bazı alışmalar MTAD'ın *E. Faecalis*'e karşı oldukça etkin olduğu bildirilmiştir (Davis ve ark. 2004; Krause ve ark. 2008; Torabinejad ve ark. 2004). Tay ve ark. (2006a), da benzer metodoloji ile dentin kullanarak yaptıkları çalışmada dentin parçaları çevresinde MTAD'ın sodyum hipoklorite göre daha geniş inhibisyon zonları oluşturduğunu bildirmişler ancak MTAD öncesinde %1.3'lük sodyum hipoklorit ile yıkanmış örneklerde inhibisyon zonlarının sadece MTAD ile yıkanan örneklere göre oldukça küçük ve sadece %1.3'lük sodyum hipoklorit ile yıkanmış örneklerle karşılaştırılabilir düzeyde olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar MTAD'ın antibakteriyel etkinliğindeki bu azalmanın MTAD'ın sodyum hipoklorit tarafından okside edilmesine bağlı olduğunu analiz etmişlerdir (Tay ve ark., 2006b). Bir başka çalışmada *E.faecalis* ile enfekte edilmiş, çekilmiş insan dişleri üzerinde sodyum hipoklorit ve EDTA'nın antibakteriyel etkinliği sodyum hipoklorit ve MTAD'ın antibakteriyel etkinliği ile karşılaştırılmış ve araştırmacılar sodyum hipoklorit ve EDTA'nın anlamlı miktarda daha fazla antibakteriyel etkinliğe sahip olduğunu göstermişlerdir (Baumgartner ve ark., 2007). Apikal periodontitis tanısı konulmuş hastalardan elde edilen bakterilerin köklerin apikal bölgesine ekilmesi sonucu biofilm meydana getirilmesi ile yapılmış bir başka çalışmada MTAD'ın etkin bir antibakteriyel ajan olduğu ancak biyofilmin elimine edilmesinde %6'lık sodyum hipoklorit kadar etkin olmadığı gösterilmiştir. Aynı çalışmada selüloz nitrat membran üzerinde oluşturulmuş *E.faecalis* biyofilminde MTAD'ın bakteri sayısını anlamlı miktarda azaltmadığı bildirilmiştir (Giardino ve ark. 2010). Benzer bir çalışmada MTAD'ın *E.faecalis* biyofilmine %6 ve %1'lik sodyum hipoklorit, SmearClear, %2'lik CHX ve REDTA ile karşılaştırıldığında en az etkin olan solüsyon olduğu gösterilmiştir (Dunavant ve ark. 2011).

Portenier ve ark. (2012), MTAD'ın antibakteriyel etkinliğinin CHX, kalsiyum hidroksit, İKI ve sodyum hipoklorit ile karşılaştırılabilir düzeyde olmasına rağmen ortamda dentin

veya sığır serum albümini bulunması halinde MTAD'ın *E.faecalis*'e karşı antibakteriyel etkinliğinin dramatik miktarda azaldığını bildirmişlerdir.

Pappen ve ark. (2010), ise Cetrimide'in solüsyonların antimikrobiyal etkinliğini arttırdığını buna karşın Tween 80 deterjanının ise solüsyonların antimikrobiyal etkinliği üzerinde negatif bir etki meydana getirdiğini bildirmişlerdir.

MTAD'ın oluşturduğu postoperatif rahatsızlığın araştırıldığı (Torabinejad ve ark., 2004) çalışma dışında MTAD'ın karakteristiğini analiz eden bir klinik çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada ise kök kanal sisteminin dezenfeksiyonu ve smear tabakasının uzaklaştırılması amacı ile %1.3'lük sodyum hipoklorit ve MTAD ile yıkama prosedürü ile %5.25'lik sodyum hipoklorit ve %17'lik EDTA ile yıkama prosedürü karşılaştırılmış ve iki prosedür arasında postoperatif ağrı oluşum insidansı bakımından fark olmadığı bildirilmiştir.

2.2.3.5.QMIX

QMix; içeriğinde EDTA, CHX ve bir deterjan bulunan, aynı anda smear tabakasını uzaklaştırırken kök kanallarında dezenfeksiyon sağlayan, klinik kullanıma yeni sunulmuş bir final yıkama solüsyonudur (Arslan ve ark., 2014). Kullanıma hazır bir şekilde bulunmaktadır (Elnaghy, 2014).

Final yıkama solüsyonu olarak %17'lik EDTA'nın yerine kullanılmak üzere üretilmiştir (Morgental ve ark., 2013). Solüsyonun penetrasyonun arttırılması için yüzey gerilimini azaltan bir ajan içermektedir (Wang ve ark., 2012b). Kimyasal dizaynı CHX-EDTA ve CHX-sodyum hipoklorit solüsyonları arasında oluşan ve karsinojenik olabilecek reaksiyonların engellenmesini sağlamıştır (Rasimick ve ark., 2008; Ma ve ark., 2011).

QMix'in antibakteriyel ve smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin incelendiği bir çalışmada QMix ve sodyum hipokloritin laboratuvar koşullarında planktonik ve biyofilm kültürlerindeki *E.faecalis* ve plak bakterilerinin eliminasyonunda CHX ve MTAD'dan üstün olduğu ve QMix ile EDTA'nın smear tabakası uzaklaştırma etkinlikleri arasında anlamlı fark bulunmadığı gösterilmiştir (Stojicic ve ark., 2012). Bir başka çalışmada ise QMix ve MTAD'ın, dentin intraoral olarak enfekte olduğunda etkin antibiofilm aktivitesi gösteremediği, %4'lük perasetik asit ve %2.5-5.25'lik sodyum hipoklorit solüsyonlarının canlı bakteri sayısını anlamlı derecede azaltarak dentin yüzeyini smear tabakasını uzaklaştırarak daha temiz hale getirdikleri bildirilmiştir (Ordinola-Zapata ve ark., 2013). QMix, sodyum hipoklorit ve CHX in *E.faecalis* ve

C.albicans'a karşı antimikrobiyal etkinliği analiz edilmiş ve QMix in antimikrobiyal etkinliğinin diğer gruplardan anlamlı derecede yüksek olduğu, %5.25'lik sodyum hipoklorit ve %2'lik CHX'in antimikrobiyal etkinliklerinin arasında ise anlamlı fark olmadığı bildirilmiştir (Elakanti ve ark., 2015). İrrigasyon solüsyonlarının dentin kanallarındaki genç ve yaşlı *E.faecalis* biofilm bakterilerine karşı etkinliğinin incelendiği bir çalışmada araştırmacılar biyofilmin organize oldukça tüm yıkama solüsyonların etkinliğinin anlamlı derecede azaldığını, temas süresi arttıkça ölen bakteri sayısının tüm deneysel gruplarda artış gösterdiğini, organize olmamış biyofilm bakterilerine karşı QMix ve %6'lık sodyum hipokloritin en etkin ajanlarken, biyofilmin organize olması halinde en etkin antibakteriyel ajanın %6'lık sodyum hipoklorit olduğunu, %2'lik sodyum hipoklorit ile %2'lik CHX'in benzer antibakteriyel etkiye sahip olduklarını bildirmişlerdir (Wang ve ark., 2012a). Aynı araştırmacılar *E.faecalis* ile enfekte dentine uygulanan dezenfeksiyon protokollerinde smear tabakasının etkilerini de analiz etmişler ve smear tabakası varlığında temas süresi arttıkça solüsyonların antibakteriyel etkinliklerinin arttığını ve %6'lık sodyum hipoklorit, QMix ve %17'lik EDTA + %2'lik CHX ile birlikte kullanıldığında en yüksek antibakteriyel etkinliğin elde edildiğini, smear tabakası yokken en etkin ajanların ise %2'lik CHX ve %6'lık sodyum hipoklorit olduğunu bildirmişlerdir (Wang ve ark., 2013). Dentinin, irrigasyon solüsyonlarının antibakteriyel etkinliği üzerine etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada QMix irrigasyon solüsyonu kullanılmıştır. Ortamda dentin tozu varken ve yokken %6'lık sodyum hipoklorit, %1'lik sodyum hipoklorit, QMix, %2'lik CHX ve %17'lik EDTA'nın *E.faecalis*'e karşı antibakteriyel etkinlikleri analiz edilmiştir. Sonuç olarak ise; ortamda dentin olmadığında bakterileri en hızlı olarak elimine eden ajanın %6 sodyum hipoklorit olduğunu, bu solüsyonu %1'lik sodyum hipoklorit ve QMix solüsyonlarının izlediğini, 1 dakikalık temas süresi sonunda EDTA ve CHX'in bakteri sayısında anlamlı bir azalma meydana getirmediği ve dentinin yıkama solüsyonlarının antibakteriyel etkinliklerini anlamlı derecede azalttığı bildirilmiştir (Morgental ve ark., 2013).

%17'lik EDTA, SmearClear ve QMix'in smear tabakası uzaklaştırma etkinliğinin ve epoksi rezin esaslı bir kanal patınının push-out bağlanma dayanımının incelendiği bir çalışmada araştırmacılar; SmearClear ve QMix'in smear tabakasını %17'lik EDTA kadar etkin bir şekilde uzaklaştırabildiğini ve bağlanma dayanımı bakımından 3

solüsyon arasında anlamlı fark bulunmadığını bildirmişlerdir (Aranda-Garcia ve ark., 2013b). Farklı bir çalışmada ise EndoActivator ile aktive edilmesi halinde QMix'in smear tabakasını daha etkin bir şekilde uzaklaştırdığı, aktivasyon süresi 15 saniyeden 30 saniyeye çıkarıldığında etkinliğin arttığı gösterilmiştir (Niu ve ark., 2014). QMix'in smear tabakasının uzaklaştırılmasındaki etkinliğinin incelendiği bir başka çalışmada ise %5.25'lik sodyum hipoklorit ardından uygulanması halinde QMix'in smear tabakasını %17'lik EDTA kadar etkin bir şekilde uzaklaştırdığı bildirilmiştir (Dai ve ark., 2011).

QMix yıkama solüsyonunun dentin mikrosertliği ve erozyonu üzerine etkilerinin analiz edildiği çalışmalarda ise; %17'lik EDTA, SmearClear, MTAD ve QMix'in dentin mikrosertliğinde distile suya göre anlamlı miktarda azalma meydana getirdiği ancak 4 grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığı, dentin tübüllerinde erozyonun ise en fazla %17'lik EDTA irrigasyonu sonucu gözlemlendiği (Aranda-Garcia ve ark., 2013a), QMix, %17 EDTA+ CHX, %17 EDTA+ sodyum hipoklorit ve maleik asit solüsyonları karşılaştırıldığında maleik asitin kök kanal dentinin her bölgesinde dentin mikrosertliğinde daha fazla azalma meydana getirdiği, diğer grupların dentin mikrosertliğinde aynı miktarlarda azalmaya neden olduğu (Kara Tuncer ve ark., 2015), %5'lik sodyum hipoklorit solüsyonu irrigasyonunun sonrasında uygulanması sonucu dentin mikrosertliğinde meydana gelen azalmanın %5'lik sodyum hipoklorit irrigasyonu sonrası uygulanan 5 dakikalık %17'lik EDTA ve %2'lik CHX prosedüründen anlamlı derecede daha düşük düzeyde olduğu (Das ve ark., 2014), sodyum hipoklorit sonrası uygulandığında EDTA ile QMix arasında gerek kalsiyum kaybı gerekse dentin mikrosertliğinde azalma düzeyi arasında anlamlı fark bulunmadığı, en yüksek miktarda kalsiyum kaybı ile dentin mikrosertliğinde azalma miktarına ise perasetik asitin neden olduğu (Taneja ve ark., 2014) bildirilmiştir.

QMix in etkin bir şekilde smear tabakasını uzaklaştırarak dentin tübüllerini açtığını ve self-adeziv bir simanla simante edilen cam fiber postların bağlanma dayanımına olumsuz etkisi olmadığını gösteren bulguların (Elnaghy, 2014) yanında %17'lik EDTA ile kombine edilmesi halinde %5.25'lik sodyum hipokloritin tercih edilebilir irrigasyon protokolü olduğunu ve AH Plus kanal patı için bu protokol sonucunda elde edilen bağlanma değerlerinin QMix kullanıldığında daha düşük düzeyde olduğunu bildiren bulgular da (Leal ve ark., 2015) bildirilmiştir.

CHX içeriği nedeniyle QMix'in sodyum hipoklorit ile beraber kullanıldığında turuncu-kahverengi çökelti oluşturup oluşturmadığının incelendiği çalışmada QMix'in sodyum hipoklorit ile beraber kullanıldığında parakloranilin (PCA) oluşumuna neden olmadığı gösterilmiştir (Arslan ve ark., 2014).

QMix'in biyoyumluluğu %3'lük sodyum hipoklorit, %2'lik CHX ve %17'lik EDTA ile karşılaştırılmış ve çalışmanın sonucunda QMix'in %3'lük sodyum hipoklorit, %2'lik CHX ve %17'lik EDTA solüsyonlarından daha az toksik olduğu bildirilmiştir (Chandrasekhar ve ark., 2013).

Kök kanal dentininin farklı yıkama solüsyonları ile yıkanmasının ardından 2 farklı kanal patı tarafından ıslatılabilirliğinin analiz edildiği çalışmada, final yıkama solüsyonu olarak kullanıldığında QMix'in patların adaptasyonun olumsuz etkilemediği ve EDTA dan daha iyi değerlere sahip olduğu gösterilmiştir (Ballal ve ark., 2013).

2.2.3.6. Yeşil çay ve triphala

Yeşil çayın içerisinde bulunan polifenollerin tükruk ve dentinde bulunan Matriks Metallo Proteinazlar üzerinde inhibitör etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (Xu ve ark., 2012). Polifenollerin ayrıca *S. Mutans* gibi dental plak bakterilerinin asit üretimini inhibe ettiği bildirilmiştir (Basrani ve Haapasalo, 2012).

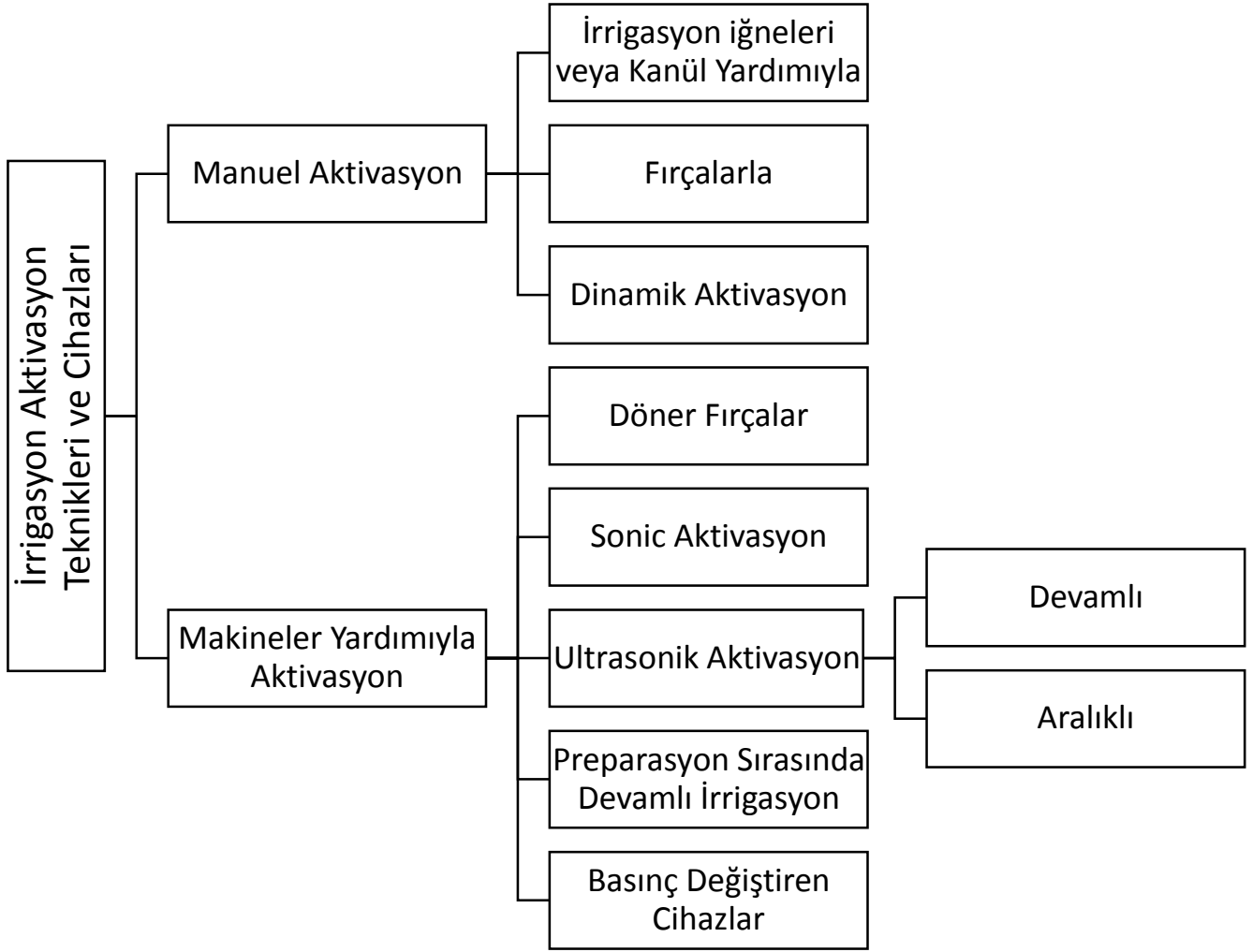
Triphala ise kurutulmuş ve toz haline getirilmiş bir bitkisel formasyondur (Prabhakar ve ark., 2002; Jagetia ve ark., 2002).

Bitkisel alternatiflerin biyofilm bakterileri üzerinde umut verici antimikrobiyal etkinliğe sahip olduğu gösterilmesine rağmen (Horiba ve ark., 1991) bu ajanların endodontik yıkama solüsyonu olarak kullanımını destekleyecek bilimsel veriler henüz çok yetersizdir.

2.2.4. İRRİGASYON SOLÜSYONLARININ ETKİNLİĞİNİN ARTTIRILMASI İÇİN UYGULANAN YÖNTEMLER

Vital ve nekrotik pulpa dokusu artıklarının, mikroorganizmaların ve mikrobiyal toksinlerin kök kanal sisteminden tamamen uzaklaştırılması endodontik başarı için vazgeçilmez faktörlerdendir (Basmadjian-Charles ve ark., 2002; Wong, 2004; Siqueira ve Rôças, 2008). Kemomekanik preparasyon prosedürleri bu amaca hizmet etse de (Sjögren ve ark., 1990; Avrupa Endodonti Birliği, 1994; Peters ve ark., 2008) kök kanal sisteminin tamamen şekillendirilmesi ve temizlenmesi karmaşık kök kanal sistemi anatomisi nedeni ile mümkün olamamaktadır (Skidmore ve Bjorndal, 1971; Vertucci,

1984; Shuping ve ark., 2000; Card ve ark., 2002; Fariniuk ve ark., 2003). Döner sistemlerle birlikte kullanılan nikel-titanyum eğeler kök kanalının daha merkezi bölgelerinde etkin olarak çalışmakta ve isthmus, dallanma, lateral kanallar gibi bölgeler mekanik şekillendirme prosedürünün ardından dokunulmamış halde kalmaktadır (Haga, 1968; Walton, 1976; Peters, 2004). Bu dokunulmamış bölgeler debris, bakteri ve bakteri ürünlerine sığınak görevi görerek (Skidmore ve Bjorndal, 1971) obtürasyon materyalinin kanal duvarına optimum adaptasyonun engelleyebilmekte (Wollard ve ark., 1976; Ardila ve ark., 2003) ve periapikal inflamasyona neden olabilmektedir (Wu ve ark., 2001). Bu nedenle irrigasyon mekanik şekillendirme prosedürleri ile ulaşılamayan sonuçlar elde edilebilmesini sağladığı için kök kanal tedavisinin vazgeçilmez bir parçasını oluşturmaktadır (Gulabivala ve ark., 2005). İdeal bir endodontik yıkama solüsyonu tedavinin başarısı için yukarıda bahsedilen tüm koşulları karşılayabilmelidir (Zehnder, 2006b). Ancak solüsyonun pH'ının düşürülmesi (Christensen ve ark., 2008), sıcaklığının arttırılması (Abou-Rass ve Oglesby, 1981; Sirtes ve ark., 2005) hatta solüsyonun yüzey geriliminin düşürülmesi amacı ile bir sürfaktan eklenmesi (Giardino ve ark., 2006; Lui ve ark., 2007a) gibi girişimler dahi ideal irrigasyon solüsyonununun sahip olması gereken tüm özelliklerin bir irrigasyon solüsyonunda toplanmasını sağlayamamıştır. Bu nedenle çağdaş endodonti pratiğinde şekillendirme ve yıkama prosedürleri sırasında sodyum hipoklorit ve EDTA veya sodyum hipoklorit-EDTA-CHX solüsyonları tek bir solüsyonun yetersiz kaldığı eksik kısımları tamamlayabilmek amacı ile kombinasyon şeklinde kullanılmaktadır (Ringel ve ark., 1982; Grande ve ark., 2006). Kullanılan solüsyonların etkinliklerini maksimum düzeyde gösterebilmesi için tüm kanal duvarı yüzeyleri ile direkt temas etmesi gerekmektedir (Al-Hadlaq ve ark., 2006b). Solüsyonların tüm kanal duvarı ile temasının sağlanması ve böylece solüsyonun etkin olarak kullanılabilmesi amacı ile yıkama solüsyonları bazı yaklaşımlarla aktive edilmektedir. Bu yaklaşımlar, Şekil 1'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Endodontide kullanılan irrigasyon aktivasyon teknik ve cihazları (Haapasalo ve ark., 2010'dan uyarlanmıştır).

2.2.4.1. Manuel Aktivasyon Teknikleri

2.2.4.1.1. İrrigasyon İğneleri Veya Kanüller Yardımıyla Yapılan Enjektör İrrigasyonu

Pasif ultrasonik aktivasyon öncesinde enjektörler vasıtası ile uygulanan konvansiyonel irrigasyonun yeterli etkinliğe sahip olduğu düşünülmüştür (Van Der Sluis ve ark., 2006). Günümüzde halen yoğun olarak kullanılmakta olan bu yaklaşımda irrigasyon solüsyonu kök kanalına değişebilen çaplara sahip kanül veya iğne vasıtası ile pasif şekilde veya enjektörün yukarı- aşağı hareketleri ile uygulanır (Gu ve ark., 2009). Bu uçlarla solüsyon en uç kısımdan veya ucu kapalı şekilde farklı dizayna sahip olan şekillerde; yan taraflarda bulunan deliklerden/kanallardan uygulanabilmektedir (Kahn ve ark., 1995). Deliklerin/kanalların iğne veya kanülün yan tarafında bulunması

hidrodinamik aktivasyonu arttırdığı gibi solüsyonun apikalden taşması riskini de azaltmaktadır (Hauser ve ark., 2007). İrrigasyon solüsyonunun daha fazla debris koronale taşması ve taşarak periapikal dokulara zarar vermemesi için iğne veya kanülün kök kanalı içerisinde sıkışmaması gerekmektedir (Gu ve ark., 2009). Ucun penetrasyon derinliğinin ve uygulanan yıkama soşüsyonunun hacminin rahat kontrol edilebilmesi enjektörle ile uygulanan aktivasyonun avantajlarından birini oluşturmaktadır (Van Der Sluis ve ark., 2006).

Bu aktivasyon yönteminde kök kanalı içerisinde ulaşılamayan, düzensiz bölgeler debris, bakteriler ve bakteri ürünleri için sığınak benzeri birikme alanı oluşturabilmektedir (Wu ve Wesselink, 2001; Nair ve ark., 2005). Konvansiyonel enjektör iğnesi ile yapılan yıkama işleminde solüsyonun iğnenin ucundan sadece 1mm. daha derine gönderilebildiği gösterilmiştir (Ram, 1977). Bu bulgu, iğnenin ucu dar bir kanalda kökün koronal üçlü bölgesinde, geniş bir kanalda ise kökün orta üçlü bölgesinde pozisyonlandırılabilirdiği için, yaklaşımın dezavantajlarından birini oluşturmaktadır (Chow, 1983b). EDTA ve sodyum hipoklorit yıkama solüsyonları ve konvansiyonel enjektör kullanılarak yapılan bir çalışmada solüsyonların kanalların apikal üçlü bölgesinde etkinliklerini gösteremedikleri bildirilmiştir (O'Connell ve ark., 2000). Özel olarak dizayn edilmiş, uç kısmı kapalı, yan taraflı perfore bir irrigasyon iğnesi çalışma boyundan 1 mm. kısa olacak şekilde kullanıldığında, sodyum hipokloritin haricinde yıkama solüsyonu olarak EDTA kullanılsa bile smear tabakasının kökün apikal üçlü bölgesinden uzaklaştırılmadığı bildirilmiştir (Goldman ve ark., 1976; Yamada ve ark., 1983a). Bunun yanında enjektör vasıtası ile yapılan irrigasyonun mekanik şekillendirme apikalde 40'a ulaşmadığı sürece daha az etkin olduğu gösterilmiştir (Wu ve Wesselink, 1995; Falk ve Sedgley, 2005). Ayrıca irrigasyonun etkinliği analiz edildiğinde 36 ve 60 apikal boyut sonuçları arasında anlamlı fark olduğu, 60 ve 70 apikal boyut grupları arasında ise anlamlı fark görülmediği bildirilmiştir (Falk ve Sedgley, 2005). Hekim, kök kanalını genişletmenin irrigasyonun etkinliği için sağlayacağı mekanik avantajlarla radiküler dentin kalınlığını azaltarak kök yapısının zayıflamamasının meydana getirebileceği dezavantajları bir denge halinde optimize etmesi gerekmektedir (Lertchirakarn ve ark., 2003).

Enjektörle yapılan irrigasyonun verimliliğini arttırabilecek faktörler; iğne veya kanülün ucunun apikale yakın konumlandırılması (Sedgley ve ark., 2005b), irrigasyon

solüsyonunun hacminin fazla olması (Sedgley ve ark., 2004) ve daha küçük çapa sahip iğne veya kanüllerin kullanılması (Chow, 1983b) olarak sıralanabilmektedir. Daha küçük çapa sahip iğne veya kanüller apikale daha yakın konumlandırılabilirdikleri için yıkama solüsyonunun daha etkin çalışmasını sağlayabilmektedir (Sedgley ve ark., 2005b). Ancak iğne veya kanül apikale yaklaştırıldıkça yıkama solüsyonunun kökün apikalinden taşması riski artmaktadır (Ram, 1977; Chow, 1983b). Dikkatli bir uygulama ile iğne veya kanül ucunun apikalde konumlandırılması sonucu elde edilecek etkinlik, göze alınan risk faktörünü karşılamaktadır (Abou-Rass ve Piccinino, 1982). Ayrıca solüsyonun akış hızı da mutlaka değerlendirilmesi, dikkat edilmesi gereken faktörlerden birini oluşturmaktadır. Ancak enjektörle ile yapılan irrigasyon sırasında solüsyonun akış hızını standardize ve kontrol etmek çok zordur (Boutsioukis ve ark., 2007). Yeni sistemlerin geliştirilmesi kök kanallarının daha etkin bir şekilde dezenfekte edilmesini sağlarken sodyum hipoklorit gibi yıkama solüsyonlarının apikalden taşarak meydana getirecekleri sitotoksik etkilerin elimine edilmesini sağlayabilecektir (Bradford ve ark., 2002).

2.2.4.1.2. Fırçalar ile Aktivasyon

Fırçalar direkt olarak yıkama solüsyonunun uygulanması için değil kanal duvarlarının temizlenmesi ve yıkama solüsyonunun aktivasyonu için kullanılmaktadır (Gu ve ark., 2009). NaviTip irrigasyon iğnesine yapılan dizayn değişikliği ile aktivasyon amaçlı kullanılabilen NaviTip FX fırçası geliştirilmiş yapılan bir çalışma NaviTip FX'in irrigasyon iğnesinden kanalın koronal üçlü bölgesinde daha etkin bir temizlik sağladığını göstermiştir. Ancak kanalın apikal ve orta üçlü bölgelerinde anlamlı fark görülmemiştir. Fırçanın ovalama hareketi ile kullanılmasının temizlik etkinliğini arttırabileceği bildirilmiştir (Al-Hadlaq ve ark., 2006b). Keir ve ark. (1990), ise Endobrush'ı aktif fırçalama ve rotasyonel hareketlerle kullanmışlar ve sadece irrigasyon prosedürleri ile sağladıklarından anlamlı derecede daha temiz kanal duvarları elde ettiklerini bildirmişlerdir. Endobrush'ın, debris kanalın apikal bölgesine iterek tıkanmaya neden olabilecek kadar geniş olması dezavantaj olarak gösterilmiştir.

2.2.4.1.3. Dinamik Aktivasyon

Yıkama solüsyonlarının kanal duvarlarına direkt teması etkinliklerini arttırmaktadır (Gu ve ark., 2009). Ancak vapor lock etkisi olarak adlandırılan faktör nedeni ile yıkama solüsyonu sıklıklar kökün apikal bölgesine ulaşamamaktadır (Pesse ve ark., 2005).

Araştırmalar şekillendirilmiş bir kök kanalına uyumu iyi olan guta perkanın 2- 3 milimetrelik ileri geri hareketlerle kullanılmasıyla yıkama solüsyonunun hidrodinamik etkisinin ve yer değiştirme ve temizleme etkinliğinin arttırılabileceğini göstermektedir (McGill ve ark., 2008b). alışmalar ayrıca manuel olarak uygulanan dinamik irrigasyonun; otomatik bir dinamik irrigasyon sistemi olan RinsEndo cihazından ve konvansiyonel enjektör irrigasyonundan daha etkin temizleme sağladığını bildirmektedir (McGill ve ark., 2008b; Gu ve ark., 2009). Manuel olarak uygulanan dinamik irrigasyonun pozitif sonuçlarına katkı sağlayan faktörler ise; guta perkanın ileri- geri hareketlerinin kanal içindeki basıncı arttırarak yıkama solüsyonunun yer değiştirmesini sağlayarak mekanik şekillendirme sonucunda ulaşılamamış olan alanlara temas edebilmesi, ileri-geri hareketlerin frekansının (3.3 Hz, 30 saniyede 100 ileri- geri hareket) RinsEndo cihazı tarafından oluşturulan frekanstan (1.6 Hz) olarak tanımlanabilmektedir (Mcgill ve ark., 2008b). Bu faktörlerin yanında guta perkanın ileri hareketi ile apikal bölgeye yönlendirilmiş olan yıkama solüsyonunun geri çekme hareketi sonucu koronaldeki daha reaksiyona girmemiş solüsyon ile yer değiştirebilmesi de etkinliği arttıran faktörlere destek olabilmektedir (Wiggins ve Ottino, 2004).

2.2.4.2.Makine ve Cihazlar İle Aktivasyon

2.2.4.2.1. Döner Fırçalar İle Aktivasyon

CanalBrush oldukça esnek, polypropylen den imal edilmiş, manuel olarak kullanılabil-diği gibi mikromotora takılarak 600 rpm de de kullanılabilen bir fıradır (Al-Ali ve ark., 2012). Mandibuler molarların distal kanallarında debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasındaki etkinliğinin PUI ile aynı olduğunu bildiren bulguların yanında (Rodig ve ark., 2010a) düz köklerde debris ve smear uzaklaştırma etkinliği yönünden konvansiyonel irrigasyon ile farklı sonuçlar meydana getirmediğini gösteren bulgular da vardır (Garip ve ark., 2010). Weise ve ark. (2007), CanalBrushın simule lateral kanallardan ve düzensiz, temizlenmesi zor olan bölgelerden debris etkin bir şekilde uzaklaştırabil-diğini bildirmişlerdir.

2.2.4.2.2. Preparasyon Sırasında Devamlı İrrigasyon

Quantec-E Endo System; pompa kısmı, 2 adet yıkama solüsyonu haznesi ve solüsyonları rotary sistem preparasyonu sırasında sürekli olarak ileten 2 adet tp parçalarından oluşmaktadır (Walters ve ark., 2002). Preparasyon sırasında devamlı irrigasyon aktivasyonunun prosedüre daha fazla yıkama solüsyonu hacmi, solüsyon ve

kök kanal yapısı arasında daha uzun temas süresi ve daha fazla penetrasyon derinliği sağlayarak konvansiyonel, enjektör ile yapılan irrigasyona göre daha temiz kanal duvarları sağlanması beklenmektedir (Gu ve ark., 2009). Ancak bu beklentiler yapılan çalışmalar tarafından desteklenmemiştir. Setlock ve ark. (2003), enjektör ile yapılan yıkama işlemi ile kıyasladıklarında Quantec- E irrigasyon sisteminin kökün sadece koronal üçlü bölgesinde daha temiz kanal duvarları sağlarken orta ve apikal üçlü bölgelerinde debris ve smear tabakasının uzaklaştırılması yönünden anlamlı miktarda etkin olmadığını bildirmişleridir. Walters ve ark. (2002), yaptıkları çalışmada bu bulguları desteklemişlerdir. Çalışmada Quantec-E sistemi ile standart enjektör irrigasyonu arasında smear tabakasının uzaklaştırılması analiz edildiğinde anlamlı fark bildirilmemiştir.

2.2.4.2.3. Sonik İrrigasyon

Sonik bir enstrümanın endodontide kullanımı ile ilgili ilk çalışma 1985 yılında yapılmıştır (Tronstad ve ark., 1985). Sonik irrigasyon daha düşük frekans aralığında çalışması (1-6 kHz) ve daha az stres oluşturması ile ultrasonik irrigasyondan ayrılmaktadır (Ahmad ve ark., 1987b). Ayrıca sonik ve ultrasonik irrigasyon arasındaki bir diğer fark da sistemlerin salınım tarzlarıdır, sonik enerjiyi yıkama solüsyonuna ileten ucun veya eğenin; biri bağlantı yerinde diğeri eğenin ucunda olmak üzere 2 adet sabit noktası bulunmaktadır (Walmsley ve ark., 1989). Bu titreşim paterninin oluşturduğu titreşim genliğinin fazla olması sistemin kök kanal sisteminin temizlenmesinde etkin bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır (Walmsley ve ark., 1989).

Sonik aktivasyonun kök kanallarının dezenfeksiyonunda etkin bir yöntem olduğu gösterilmiştir (Pitt, 2005). Ultrasonik aktivasyonun dentin debrisinin kanaldan uzaklaştırma etkinliğinin sonik aktivasyondan daha iyi olduğunu gösteren bulguların aksine (Stamos ve ark., 1987; Sabins ve ark., 2003) iki aktivasyon tekniğinin uygulanmasının ardından kök kanallarında aynı miktarda debris kaldığını gösteren bulgular da mevcuttur (Jensen ve ark., 1999). EndoActivator sonik enerjinin iletilmesi prensibi ile çalışan bir kanal irrigasyon sistemidir (Ruddle, 2008). Cihaz oldukça güçlü sonik enerjiyi, oldukça esnek, kesme etkinliği olmayan ve 1-10 kHz arası frekans değerlerinde salınım yapan polimer uçlara iletmektedir (Caron ve ark., 2010). Bu sistemin lateral kanallardan debrisyi etkin şekilde temizlediği, smear tabakasını uzaklaştırdığı bildirilmektedir (Caron, 2007). Titreşen polimer uç kısa vertikal

hareketlerle kullanıldığında sinerjik etki ile yoğun hidrodinamik kuvvet oluşturmaktadır (Ruddle, 2002). Dakikada 10000 salınım modu ile çalıştığında smear tabakasını etkin bir şekilde uzaklaştırdığı bildirilmiştir (Caron, 2007).

2.2.4.2.4. Ultrasonik Aktivasyon

Richman'ın (1957) ultrasonik enerjinin irrigasyonda kullanılmasını önermesinden yıllar önce ultrasonik cihazlar periodontoloji branşında kullanılmıştır. Martin ve ark. (1980)'nin dizayn ettiği ultrasonik bir cihaz 1980 yılında endodontik amaçlı kullanıma sunulmuştur. Sonik enerji ile karşılaştırıldığında ultrasonik enerji daha yüksek frekanslar üretmekte ancak daha düşük titreşim genliği oluşturmaktadır (Walmsley ve Williams, 1989b). Ultrasonik enerjiyi yıkama solüsyonuna ileten eğeler enlemesine bir vibrasyonla titreşmekte ve eğenin sabit noktaları eğenin uzun aksı boyunca uzanmaktadır (Walmsley ve Williams, 1989b; Van Der Sluis ve ark., 2007b). Literatürde 2 tip ultrasonik irrigasyon tanımlanmıştır (Mozo ve ark., 2012). Ultrasonik irrigasyon tiplerinin ilki ultrasonik irrigasyon ve enstrümantasyonun simultane bir kombinasyonudur (Mozo ve ark., 2012). İkinci tip ise, ultrasonik irrigasyon ile beraber aynı anda şekillendirme olmadan fonksiyon görür ve pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) olarak adlandırılmaktadır (Abbott ve ark., 1991b). Ultrasonik olarak aktive edilmiş eğeler kullanıldığında özellikle eğri kanallarda deviasyonlar ve radiküler perforasyonlar görülebilmektedir (Klyn ve ark., 2010a). Bu nedenle teknik, konvansiyonel manuel şekillendirmeye alternatif olarak düşünülmemektedir (Abbott ve ark., 1991b).

Ultrasonik enerjinin pasif irrigasyona destek olarak uygulanmasının daha avantajlı olduğu düşünülmektedir (Munley ve Goodell, 2007; Lottanti ve ark., 2009). PUI terimi ilk olarak Weler ve ark. tarafından, 1980 yılında, simultane şekillendirme işlemi gerçekleştirilen irrigasyon prosedürünü tanımlamak için kullanılmıştır. PUI sırasında enerji yıkama solüsyonuna salınım yapan bir eğenin ilettiği ultrasonik dalgalar vasıtası ile ve yıkama solüsyonunun akışı ile kavitasyon kapasitesini destekleyen 2 fiziksel kavram çerçevesinde uygulanmaktadır. Akustik akış, titreşim yapan bir telin etrafında bir sıvının dairesel veya girdap şeklindeki hızlı hareketi olarak tanımlanmaktadır (Mozo ve ark., 2012). Kavitasyon ise bir sıvının içinde buhar baloncuklarının oluşturulması veya önceden var olan baloncukların genişlemesi, sıkıştırılması ve/veya bozulması olarak tanımlanmaktadır (Van Der Sluis ve ark., 2007a).

Sonik irrigasyonla karşılaştırıldığında ultrasonik irrigasyonun daha güçlü olduğu ve böylece daha fazla miktarda debris elimine ettiği ve sonik irrigasyondan daha etkin bir teknik olduğu bildirilse de (Al-Jadaa ve ark., 2009) sonik irrigasyonun süresi uzatıldığında kök kanallarını ultrasonik irrigasyon kadar etkin temizlediği gösterilmiştir (Van Der Sluis ve ark., 2007a; Gu ve ark., 2009).

Ultrasonik enerji irrigasyon solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini arttırmaktadır (Plotino ve ark., 2007). %5.25'lik sodyum hipoklorit solüsyonu antibakteriyel etkinliği en yüksek yıkama solüsyonudur (Lottanti ve ark., 2009). Sodyum hipokloritin ultrasonik enerji ile aktive edilmesi kök kanalı içerisindeki artıkların yer değiştirmesini kolaylaştırmakta, solüsyonun sıcaklığını arttırmakta ve böylece daha temiz kanal duvarları elde edilmesini sağlamaktadır (Briseno ve ark., 1992). Aktivasyon süresinin daha kısa olması eğer kanal içerisinde daha merkezi konumda pozisyonlandırılmasını sağlayarak kanal duvarlarına temas etmesini engellemektedir (Munley ve Goodell, 2007).

RinsEndo gibi hidrodinamik aktivasyon prensibi ile çalışan sistemlerin kök kanallarını PUI den daha etkin bir şekilde temizlediği gösterilememiştir (Rodig ve ark., 2010b).

İrrigasyon solüsyonunun etkinliği akış kapasitesine ve kimyasal doku çözücü etkinliğine bağlıdır (Gu ve ark., 2009). Yıkama solüsyonunun hacminin arttırılmasının temizleme etkinliğini anlamlı derecede arttırmadığı bildirilmiştir (Al-Jadaa ve ark., 2009). Yıkama solüsyonunun etkinliğinin anlamlı derecede artması için ağ benzeri bir yapı sergileyen ve mekanik şekillendirme prosedürlerinde ulaşılamayan lateral ve yan kanallara ulaşabilmesi gerekmektedir (Townsend ve Maki, 2009). Solüsyona devamlı hareketli bir halde olmasını sağlayan ultrasonik titreşimlerin yıkama solüsyonları ile kombine uygulandığında temizleme etkinliğini anlamlı miktarda arttırdığı gösterilmiştir (Desai ve Himel, 2009).

PUI prosedüründe irrigasyon solüsyonu 2 yöntemle ortama uygulanabilmektedir; ultrasonik cihazdan devamlı bir akış sağlanabilir veya solüsyon aralıklı bir şekilde, enjektör vasıtası ile gönderilebilir (Cameron, 1988a). İrrigasyon süresi 3 dakika olduğunda 2 yöntemin de dentin debrisinin kanallardan uzaklaştırılmasında eşit etkinliğe sahip olduğu gösterilmiştir (Walmsley ve ark., 1991).

2.2.4.2.4.1.Devamlı Ultrasonik İrrigasyon

Sodyum hipokloritin antibakteriyel ve organik doku çözücü özelliğini sağlayan klorin (Zehnder, 2006b) dokuların çözülmesi sürecinin ilk 2 dakikasında hızlı bir şekilde tükenmektedir (Moorer ve Wesselink, 1982a). Bu nedenle ortama devamlı taze solüsyon sağlayacak bir sistemin avantajlı olacağı düşünülmüştür (Gu ve ark., 2009). Bu amaç doğrultusunda Nusstein (2005), tarafından ultrasonik cihazlar ile kullanılabilir, aktivasyon iğnesini sabitleyebilecek bir adaptör parça dizayn edilmiştir. Bu parça sayesinde aktive edilen iğnenin içerisinden yıkama solüsyonu devamlı olarak çalışma sahasına uygulanabilmektedir (Goodman ve ark., 1985; Lev ve ark., 1987; Haidet ve ark., 1989). Çalışmalarda bu teknik ile 1 dakikalık devamlı ultrasonik irrigasyon sayesinde kanallar hem vital hem nekrotik dişlerde etkin bir şekilde temizlenebilmektedir (Gutarts ve ark., 2005; Burleson ve ark., 2007a). Bu yaklaşımın ayrıca enfekte molar dişlerde koloni oluşturan birim (CFU) sayısını anlamlı derecede azalttığı bildirilmiştir (Carver ve ark., 2007). Bu bulguların yanında tekniğin ultrasonik irrigasyon için gerekli olan zamanı da azalttığı gösterilmiştir (Druttman ve Stock, 1989; Passarinho-Neto ve ark., 2006).

2.2.4.2.4.2.Aralıklı Ultrasonik İrrigasyon

PUI nin pulpa dokusu artıkları ve dentin debrisinin uzaklaştırılmasında enjektörle yapılan irrigasyondan daha etkin olduğu düşünülmektedir (Metzler ve Montgomery, 1989; Lee ve ark., 2004b). Solüsyona uygulanan ultrasonik enerjinin sağladığı yüksek hız ve artmış yıkama solüsyonu hacminin bu sonucu ortaya çıkaran faktörler olduğu düşünülmektedir (Lee ve ark., 2004a). Enjektörle yapılan irrigasyonun ardından kanalın düzensiz bölgelerinde ve oval şekilli kanallarda fazla miktarda dentin debris kaldığı bildirilmiştir (Cunningham ve ark., 1982; Goodman ve ark., 1985). Ultrasonik irrigasyon sırasında kanalın düzensiz bölgelerinde salınım yapan eğer bu ulaşılması zor bölgelerden daha fazla debris uzaklaştırılmasını sağlamaktadır (Lumley ve ark., 1993; Lee ve ark., 2004a). Ancak Mayer ve ark. (2002), yaptıkları çalışmada PUI ve enjektör irrigasyonu sonrasında kanalda kalan debris miktarı arasında anlamlı miktarda fark olmadığını bildirmişler ve oluşan bu sonucun metodoloji nedeniyle ortaya çıkmış olabileceği düşünülmüştür. Sonik irrigasyonla karşılaştırıldığında daha güçlü olan ultrasonik irrigasyonun daha fazla debris uzaklaştırabileceği düşünülmektedir (Sabins ve ark., 2003) ancak sonik irrigasyonun daha uzun süre uygulanmasıyla iki tekniğin

kanalların temizlenmesi açısından anlamlı fark ortaya koyacak sonuçlar vermeyeceği bildirilmiştir (Lee ve ark., 2004b; a).

Yıkama solüsyonu olarak PUI ile su kullanıldığında tekniğin smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkinliğinin olmadığı bildirilmiştir (Cameron, 1983a; Cameron, 1987). Cameron adlı araştırmacı PUI ile %3 sodyum hipoklorit solüsyonunu kombine kullandığında smear tabakasının tamamen uzaklaştırıldığını bildirmiştir (Cameron, 1987). Bu sonuçlar farklı konsantrasyonlarda sodyum hipokloritin kullanıldığı farklı çalışmaların bulguları ile tutarlıdır (Alaçam, 1987; Huque ve ark., 1998). Guerisoli ve ark. (2002b), sodyum hipoklorit ve EDTAC ın birlikte ve PUI tekniği kullanıldığında kökün apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerinden smear tabakasının etkin şekilde uzaklaştırıldığını bildirmişlerdir. Bu bulguların aksine; %1'lik sodyum hipokloritin 10 saniyede smear tabakasını tamamen uzaklaştıramadığı (Cheung ve Stock, 1993b), EDTA veya EDTA/sodyum hipoklorit kombinasyonunun pasif ultrasonik irrigasyonla kökün apikal üçlü bölgesinden smear tabakasının uzaklaştıramadığı gösterilmiştir (Ciucchi ve ark., 1989a; Abbott ve ark., 1991a).

Manuel veya rotary sistemlerle yapılan preparasyonun ardından PUI uygulanması ile bakteri sayısında anlamlı miktarda azalma olduğu veya sistemin enjektörle yapılan irrigasyondan kalan bakteri sayısı analiz edildiğinde daha etkin olduğu gösterilmiştir (Huque ve ark., 1998; Spoleti ve ark., 2003; Weber ve ark., 2003).

2.2.4.2.5. Basınç Değiştiren Cihazlar

Smear tabakasını ve debrisini etkin bir şekilde uzaklaştırmak için yıkama solüsyonunun kanal duvarları ile direkt temas halinde olması gerekmektedir (Gu ve ark., 2009). Yıkama solüsyonunun uygulandığı iğnenin ucu kanalın apikalde sonlandığı noktadan uzakta pozisyonlandırıldığında yıkama solüsyonlarının kanalın apikal bölgesine ulaşması solüsyon içinde hapsolmuş hava kabarcıklar nedeniyle zor olmaktadır (Senia ve ark., 1971a). İğnenin ucu apikale yakın bir noktada konumlandırıldığında ise yıkama solüsyonunun foramen apikaleden taşması riski artmaktadır (Hülsmann ve Hahn, 2000). Kapalı bir mikrokanal sisteminde kapalı ucun ötesinde ilerleyen bir sıvının içerisinde havanın hapsolmesi bilinen bir fiziksel olgudur (Dovgyallo ve ark., 1989; Migun ve Shnip, 2002). Kapalı kanallar sisteminde sıvının penetrasyon kapasitesi sıvının kontak açısına ve kanalın derinliği ile boyutuna bağlıdır (Pesse ve ark., 2005). Her koşulda yeterli süre geçmesi halinde (saatlerden günlere) kanal sistemi sıvı tarafından

ıslatılacaktır (Pesse ve ark., 2005). Endodontik literatürde yukarıda bahsedilen fiziksel olgu Vapor Lock etkisi olarak adlandırılmaktadır (Gu ve ark., 2009). Senia ve ark. (1971a), apikali #30 boyutuna kadar genişletilmiş bir kanalda sodyum hipokloritin çalışma boyuna 3 mm. den daha fazla yaklaşamayacağını göstermişlerdir. Bu sonucun; sodyum hipokloritin kök kanalındaki organik materyal ile reaksiyona girerek apikal bölgede hızlı bir şekilde birleşerek Vapor Lock etkisi meydana getiren mikro baloncuklar oluşturması ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir (Schoeffel, 2008). Apikal bölgede oluşmuş olan baloncuklar sistemi prosedürün devamında yıkama solüsyonlarının apikal bölgeye ulaşmasını, sonik veya ultrasonik enerjiyle aktive edilmiş solüsyonların akustik akış ve kavitasyon etkilerini gösterebilmesini engellemektedir (Schoeffel, 2008).

Örneğin 40, 0.06 boyutunda şekillendirilmiş kanala uyumu iyi olan bir guta perkanın çalışma boyuna ilerletilmesiyle Vapor Lock etkisi elimine edilebilmesine (McGill ve ark., 2008b) rağmen yıkama solüsyonunun uygulanması- aspirasyonu işlemlerini arka arkaya gerçekleştirebilen basınç değiştiren cihazların yıkama prosedürünün etkisinin arttırabileceği düşünülmektedir (Gu ve ark., 2009).

Apikal negatif basınç irrigasyon sistemi olan EndoVac; yıkama solüsyonunu uygulayan uç, makro kanül ve mikro kanül olarak 3 ana elemandan oluşmaktadır (Pasricha ve ark., 2015). Makrokanül #50, mikrokanül ise #35 e kadar genişletilmiş kanallarda kullanılabilir (Gu ve ark., 2009). Solüsyon giriş kavitesine uygulanmakta, kanalın içerisinde bulunan makro veya mikro kanül ise devamlı taze olan solüsyonu negatif basınç ile çekmektedir (Pasricha ve ark., 2015). EndoVac sistemi ile konvansiyonel irrigasyona göre anlamlı miktarda fazla solüsyon uygulandığı ve kök kanalının apikal üçlüsündeki debrisin çok daha etkin uzaklaştırıldığı gösterilmiştir (Nielsen ve Baumgartner, 2007). Çalışmada ayrıca EndoVac sisteminin yıkama solüsyonu içinde hapsolan kabarcık oluşumunu engellediği gibi çalışma boyuna uygulanmış solüsyonların apikalden taşmasını anlamlı derecede azattığı bildirilmiştir (Nielsen ve Baumgartner, 2007).

RinsEndo irrigasyon sistemi; ele oturan bir parça, 7mm. lik bir kanül ve yıkama solüsyonunu taşıyan bir hazneden oluşmaktadır (McGill ve ark., 2008a). Kök kanallarının basınç- emiş teknolojisi ile yıkanmasını sağlamaktadır (Kahn ve ark., 1995; Hauser ve ark., 2007). Saniyede 1.6Hz frekansında titreşen yıkama solüsyonu kanül

vasıtası ile uygulanmakta, kullanılan yıkama solüsyonu ve hava kök kanallarından otomatik olarak çekilerek kanala taze solüsyon uygulanmaktadır (Gu ve ark., 2009). RinsEndo sistemi ile yıkama solüsyonunun konvansiyonel irrigasyona göre dentine daha iyi penetre olduğu ancak sistemin apikal ekstrüzyon riskini arttırdığı gösterilmiştir (Hauser ve ark., 2007). Bir başka çalışmada ise sistemin debrisini manuel dinamik aktivasyondan daha etkin şekilde uzaklaştıramadığı bildirilmiştir (McGill ve ark., 2008b).

Bu bilgilerin ışığında tez çalışmamızda klinik kullanıma yeni sunulmuş bir irrigasyon solüsyonu olan QMix' in farklı aktivasyon teknikleri ile smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

Yeni bir irrigasyon solüsyonunun farklı aktivasyon sistemleri ile smear tabakasının kaldırılmasındaki etkinliğinin taramalı elektron mikroskobu ile değerlendirilmesi amacı ile planlanan çalışmamıza Ondokuz Mayıs Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından verilen 27.03.2015 tarihli ve B.30.2.ODM.0.20.08/ 1592 sayılı etik kurulu onay raporu alınarak başlanmıştır.

3.1.Örneklerin seçilmesi ve preparasyon

Çalışmamızda periodontal problemler, protetik endikasyonlar ve pulpitis nedeni ile çekimine karar verilmiş kök ucu gelişimi tamamlamış 180 adet üst kesici insan dişi kullanılmıştır. Dişler Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı'na başvuran hastalar arasından yaş ve cinsiyet ayrımı yapılmaksızın toplanmıştır. Diş çekimini takiben dişler üzerindeki tüm debrisler, diş taşları ve yumuşak dokular uzaklaştırılmış ve dişler kullanılıncaya kadar distile su içinde bekletilmiştir. Süt dişleri, kökünde kırık olan dişler, kök apeksinde rezorbsiyona uğramış dişler, gelişimini tamamlamamış olan köklere sahip dişler ve endodontik tedavili dişler, dişin kesin olarak hangi diş olduğu anlaşılamayacak kadar kron harabiyetine uğramış dişler çalışmaya dahil edilmemiştir.

Dişler, koronal kısımları mine sement birleşiminin altında ve köklerin boyu $12 \pm 0,5$ olacak şekilde su soğutması altında elmas separe frez ile (Superapid, Horico, Berlin, Almanya) ile dekorone edildi.

Çalışma boyu #10 K-tipi eğe (VDW, Münih, Almanya) kanal aletinin ucu kökün apikalinden görülünceye kadar ilerletilip ölçülen bu boydan 1 mm kısa olacak şekilde belirlendi.

Dişlerin çalışma boyunun belirlenmesinin ardından preparasyon işlemine geçildi.

Dişler Protaper Universal eğe sistemi (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile apikal çapları 0,4 mm olacak şekilde endo motor (X Smart, Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kullanılarak 250 devir/dk hızında crown-down tekniği ile prepare edildi (Şekil 2). Preparasyon sırasında üretici firmanın talimatları doğrultusunda önce Protaper Universal eğe sisteminin Sx egesi ile koronal genişletme yapıldı. Koronal genişletmenin ardından sırası ile S1, S2, F1, F2, F3, F4 eğeleri çalışma boyunda kullanılarak dişlerin apikal çapları 0.4 mm olacak şekilde preparasyon tamamlandı.



Şekil 2. Kök kanal preparasyonunda kullanılan döner eğe sistemi

Preperasyonda her eğeden sonra 2 ml %5'lik NaOCl (Wizard, Rehber Kimya San. Ve Tic., İstanbul, Türkiye) solüsyonu ile irrigasyon yapıldı. Son yıkama öncesinde kanallar 5 mL %5'lik NaOCl (Wizard, Rehber Kimya San. Ve Tic., İstanbul, Türkiye) ile yıkandı ve kağıt konlar (Dentsply Maillefer, Ballagiues, İsviçre) ile kurutuldu.

Dişlerin apeksleri klinik durumu oluşturabilmek amacıyla polisiloksan elastomer ölçü maddesi (Zetaplus, Zhermack Spa, Badia Polesine, Rovigo, İtalya) ile kapatıldı.

3.2.Grupların oluşturulması

Daha sonra dişler son yıkama protokolü öncesinde rastgele (n=20) olacak şekilde kullanılacak final irrigasyon solüsyonuna göre 3 ana gruba (distile su, EDTA, QMix) ve her ana grup, uygulanan irrigasyon potokolüne göre (60 sn. bekleme, pasif ultrasonik aktivasyon, EndoActivator cihazı ile aktivasyon) 3 alt gruba ayrıldı.

Gruplar aşağıdaki şekilde oluşturuldu;

- Grup 1: Final irrigasyon solüsyonu distile su
- Grup 1a: Final irrigasyon solüsyonu olarak 5 mL distile su 30 gauge irrigasyon iğnesi ile uygulandı (Şekil 3). Uygulanan solüsyon 60 sn. boyunca kanalda bekletildi. Final irrigasyon solüsyonunun devam edecek etkilerinin nötralize edilmesi için kanallar 5 mL distile su ile yıkandı ve kağıt konlar ile kurutuldu.

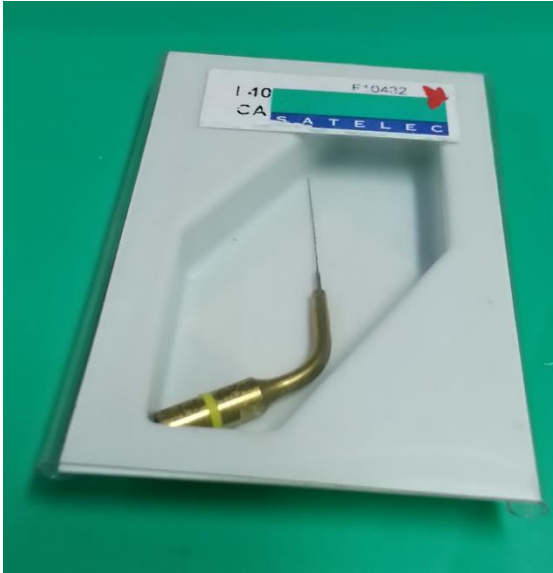


Şekil 3. Kök kanal irrigasyonunda kullanılan 30G'lik irrigasyon iğnesi

- Grup 1b: Final irrigasyon solüsyonu olarak 5 mL Distile su 30 gauge irrigasyon iğnesi ile uygulandı. Uygulanan solüsyona 60 sn. boyunca PUI, Satelec Suprasson PMax ultrasonik cihaz (Satelec Acteon, Merignac, France) ve Irrisafe 20 ultrasonik endodontik uç (Satelec Acteon, Merignac, France) vasıtası ile cihazın maksimum gücünde uygulandı (Şekil 4). Final irrigasyon solüsyonunun devam edecek etkilerinin nötralize edilmesi için kanallar 5 mL Distile su ile yıkandı ve kağıt konlar ile kurutuldu.



Şekil 4. PUI gruplarında ultrasonik aktivasyon amacıyla kullanılan ultrasonik cihaz



Şekil 5. Irrisafe 20 ultrasonik uç

- Grup 1c: Final irrigasyon solüsyonu olarak 5 mL Distile su 30 gauge irrigasyon iğnesi ile uygulandı. Uygulanan solüsyon 60 sn. boyunca EndoActivator (Dentsply, Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA) irrigasyon aktivasyon sistemi ve 25 .04 polimer uçlar vasıtası ile 10000 cpm modunda aktive edildi (Şekil 5). Final irrigasyon solüsyonunun devam edecek etkilerinin nötralize edilmesi için kanallar 5 mL distile su ile yıkandı ve kağıt konlar ile kurutuldu.



Şekil 6. Sonik aktivasyon amacıyla kullanılan EndoActivator cihazı ve polimer ucu

- Grup 2: Final irrigasyon solüsyonu EDTA
- Grup 2a: Final irrigasyon solüsyonu olarak 5 mL %17 EDTA 30 gauge irrigasyon iğnesi ile (Wizard, Rehber Kimya San. Ve Tic., İstanbul, Türkiye) uygulandı. Uygulanan solüsyon 60 sn. boyunca kanalda bekletildi. Final irrigasyon solüsyonunun devam edecek etkilerinin nötralize edilmesi için kanallar 5 mL distile su ile yıkandı ve kağıt konlar ile kurutuldu.
- Grup 2b: Final irrigasyon solüsyonu olarak 5mL %17 EDTA 30 gauge irrigasyon iğnesi ile uygulandı. Uygulanan solüsyona 60 sn. boyunca PUI, Satelec Suprasson PMax ultrasonik cihaz (Satelec Acteon, Merignac, France) ve Irrisafe 20 ultrasonik endodontik uç (Satelec Acteon, Merignac, France) vasıtası ile cihazın maksimum gücünde uygulandı. Final irrigasyon solüsyonunun devam edecek etkilerinin nötralize edilmesi için kanallar 5 mL Distile su ile yıkandı ve kağıt konlar ile kurutuldu.
- Grup 2c: Final irrigasyon solüsyonu olarak 5 mL %17 EDTA 30 gauge irrigasyon iğnesi ile uygulandı. Uygulanan solüsyon 60 sn. boyunca EndoActivator (Dentsply, Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA) irrigasyon aktivasyon sistemi ve 25 .04 polimer uçlar vasıtası ile 10000 cpm modunda aktive edildi. Final irrigasyon solüsyonunun devam edecek etkilerinin nötralize edilmesi için kanallar 5 mL distile su ile yıkandı ve kağıt konlar ile kurutuldu.

- Grup 3: Final irrigasyon solüsyonu QMix
- Grup 3a: Final irrigasyon solüsyonu olarak 5 mL QMix (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA) 30 gauge irrigasyon iğnesi ile uygulandı (Şekil 7). Uygulanan solüsyon 60 sn. boyunca kanalda bekletildi. Final irrigasyon solüsyonunun devam edecek etkilerinin nötralize edilmesi için kanallar 5 mL distile su ile yıkandı ve kağıt konlar ile kurutuldu.



Şekil 7. QMix irrigasyon solusyonu

- Grup 3b: Final irrigasyon solüsyonu olarak 5mL QMix 30 gauge irrigasyon iğnesi ile uygulandı. Uygulanan solüsyona 60 sn. boyunca PUI, Satelec Suprasson PMax ultrasonik cihaz (Satelec Acteon, Merignac, France) ve Irrisafe 20 ultrasonik endodontik uç (Satelec Acteon, Merignac, France) vasıtası ile cihazın maksimum gücünde uygulandı. Final irrigasyon solüsyonunun devam edecek etkilerinin nötralize edilmesi için kanallar 5 mL distile su ile yıkandı ve kağıt konlar ile kurutuldu.
- Grup 3c: Final irrigasyon solüsyonu olarak 5 mL QMix 30 gauge irrigasyon iğnesi ile uygulandı. Uygulanan solüsyon 60 sn. boyunca EndoActivator(Dentsply, Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA) irrigasyon aktivasyon sistemi ve 25.04 polimer uç vasıtası ile 10000 cpm modunda aktive edildi. Final irrigasyon solüsyonunun devam edecek etkilerinin nötralize edilmesi için kanallar 5 mL distile su ile yıkandı ve kağıt konlar ile kurutuldu.

Bu işlemlerin ardından tüm dişler alkol serisine sokularak dehidrate edildi.

3.3.Örnek kesitlerin hazırlanması

Hazırlanan dişlerin bukkal ve lingual yüzeylerinde dişin uzun aksına paralel olacak şekilde kök kanallarına dokunulmadan oluklar hazırlandı. Bu oluklara yerleştirilen siman spatülü vasıtası ile kökler iki parçaya ayrıldı. Magnifikasyon altında (x4) elde edilen kesitler incelendi ve apikal bölümü en iyi görüntülenebilecek parça SEM değerlendirilmesinde kullanılmak üzere işaretlendi.

3.4.SEM değerlendirmesi

Çalışmamızda örneklerin morfolojik özelliklerinin incelenerek smear tabakasının değerlendirilmesi amacıyla taramalı elektron mikroskopu (Philips XL30 SFEG) kullanıldı. Örnekler inceleme öncesinde Cressington marka kaplama cihazı (Cressington sputter coater 108auto, Cressington MTM- 20, Elektronen-Optik-Service, Dortmund, Almanya) kullanılarak 90 Angström kalınlığında altın-palladyum ile kaplandı. İncelenecek bölgeler Al-Haqlad ve ark. (2006a) ile Schafer ve Zapke'nin (2000) önerdiği teknikle standardize edildi. Her örneğin koronal, orta ve apikal üçlüsündeki belirlenen noktalardan üçer fotomikrograf alındı.



Şekil 8. Örneklerin incelenmesinde kullanılan SEM cihazı

3.5.Smear tabakasının değerlendirilmesi

Elde edilen fotomikrograflardaki açık tübüller saptanarak sayıldı. Açık dentin tübül sayısının belirlenmesinde Adobe Photoshop CS6 programı kullanıldı. Sayım işlemi iki klinisyen tarafından yapıldı. Her iki klinisyenin yaptığı skorlamalar arası fark ve kalibrasyon Cohen kappa katsayısı kullanılarak belirlendi.

3.6.İstatistiksel analiz

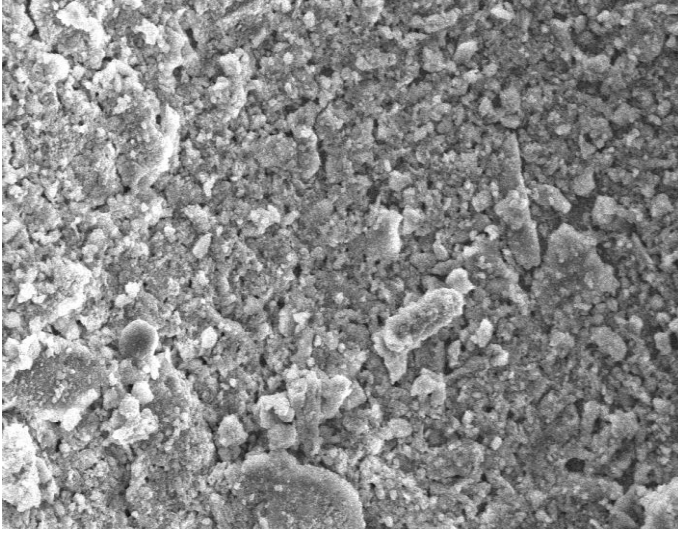
Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizinde IBM SPSS 21 istatistik programı kullanıldı. Verilerin normal dağılıma uyup uymadığı Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirildi. Normal dağılıma uymadığı tespit edilen verilerin değerlendirilmesinde Kruskal Wallis testi kullanıldı. Gruplar arasındaki farklılıkların ileri değerlendirilmesinde Bonferroni düzeltmeli Mann-Whitney U testi kullanıldı. Anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak belirlendi.

4. BULGULAR

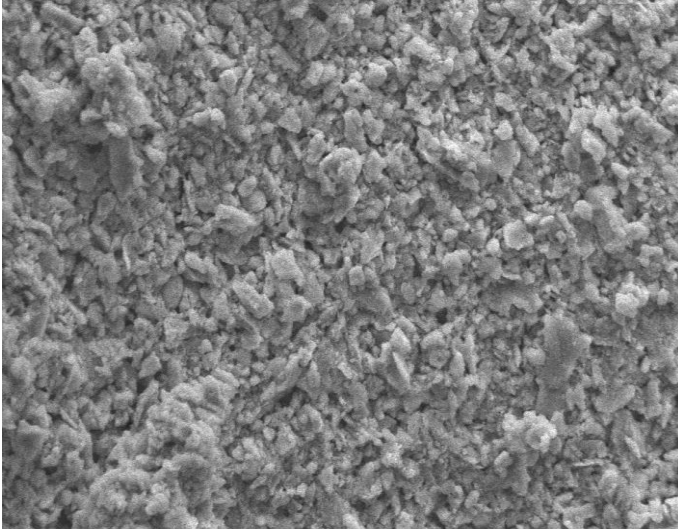
Bu çalışmada yeni bir irrigasyon solüsyonu olan QMix'in farklı aktivasyon yöntemleri ile kök kanalının koronal, orta ve apikal bölgelerinde smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği SEM cihazı ile incelenmiştir.

4.1. SEM Görüntüleri-Açık Dentin Tübülü Sayısının Değerlendirilmesi

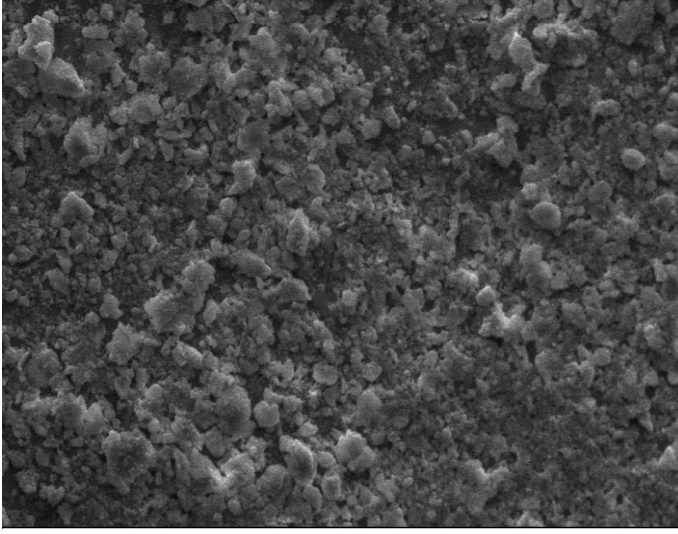
4.1.1. Grup 1a (Distile su-60 sn. bekleme): Son yıkama işleminin distile suyun 60 saniye boyunca bekletilmesi ile yapıldığı bu gruptaki örneklerin koronal, orta ve apikal üçlüsünde yoğun smear tabakası görülmüştür. SEM görüntülerinde açık dentin tübülü tespit edilememiştir (Şekil 9, 10, 11).



Şekil 9. Grup 1a koronal üçlü SEM görüntüsü

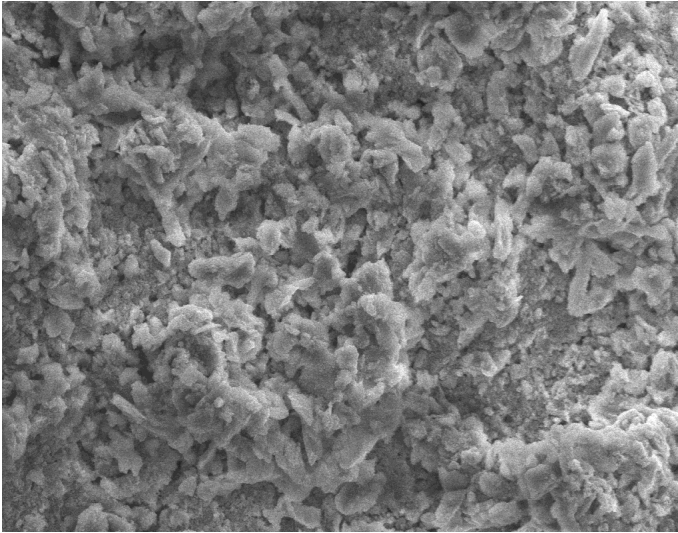


Şekil 10. Grup 1a orta üçlü SEM görüntüsü

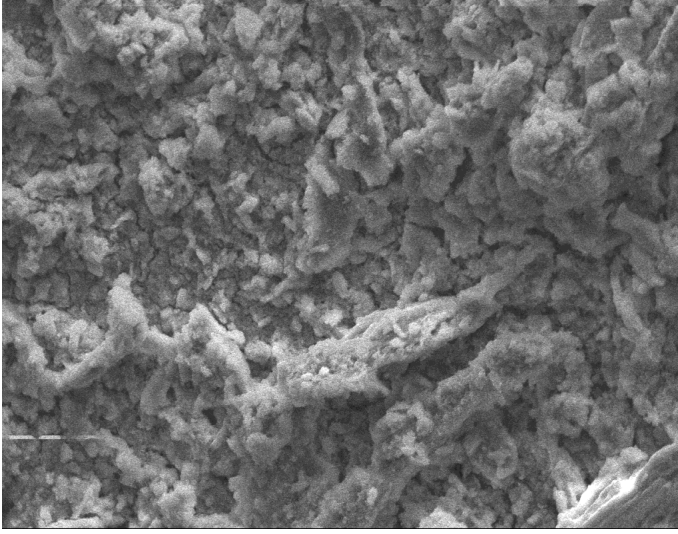


Şekil 11. Grup 1a apikal uçlu SEM görüntüsü

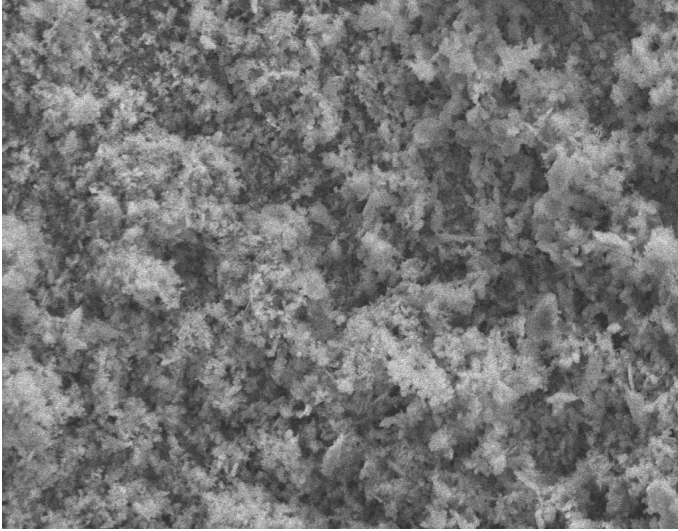
4.1.2. Grup 1b (Distile su-PUİ) : Son yıkama işleminin distile suyun 60 sn. boyunca pasif ultrasonik olarak aktive edilmesi ile yapıldığı bu gruptaki örneklerin SEM görüntülerinde koronal, orta ve apikal uçlu bölgelerinde yoğun smear tabakası görülmüştür. Açık dentin tübülü tespit edilememiştir (Şekil 12, 13, 14).



Şekil 12. Grup 1b koronal uçlu SEM görüntüsü

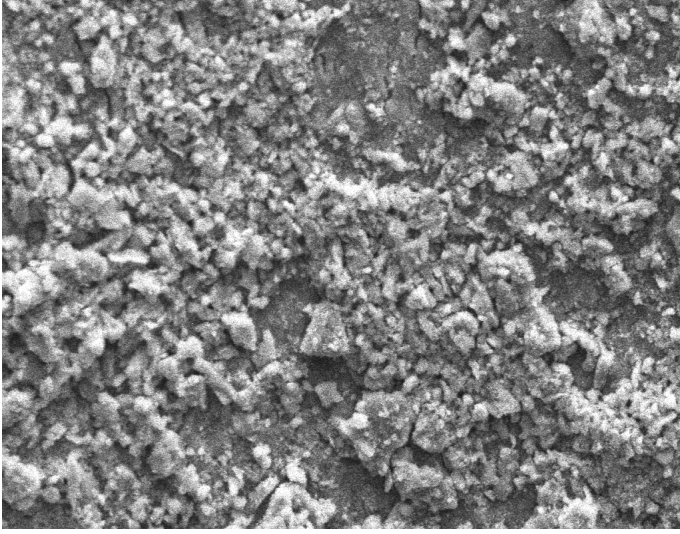


Şekil 13. Grup 1b orta uçlü SEM görüntüsü

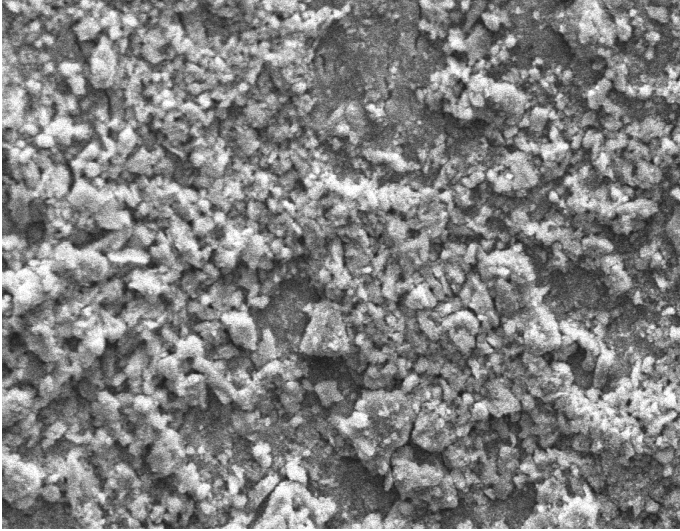


Şekil 14. Grup 1b apikal uçlü SEM görüntüsü

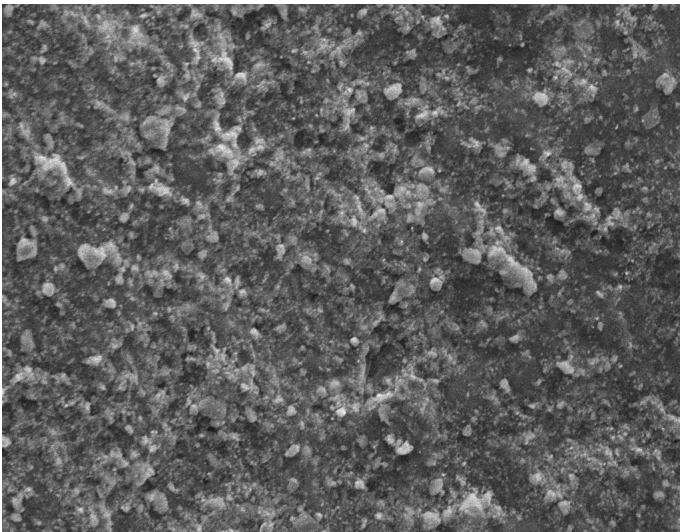
4.1.3. Grup 1c (Distile su-EA): Son yıkama işleminin distile suyun 60 sn. boyunca EndoActivator cihazı kullanılarak aktive edilmesi ile yapıldığı bu gruptaki örneklerin SEM görüntülerinde koronal, orta ve apikal uçlü bölgelerinde yoğun smear tabakası görülmüştür. Açık dentin tübülü tespit edilememiştir (Şekil 15, 16, 17).



Şekil 15. Grup 1c koronal uçlü SEM görüntüsü

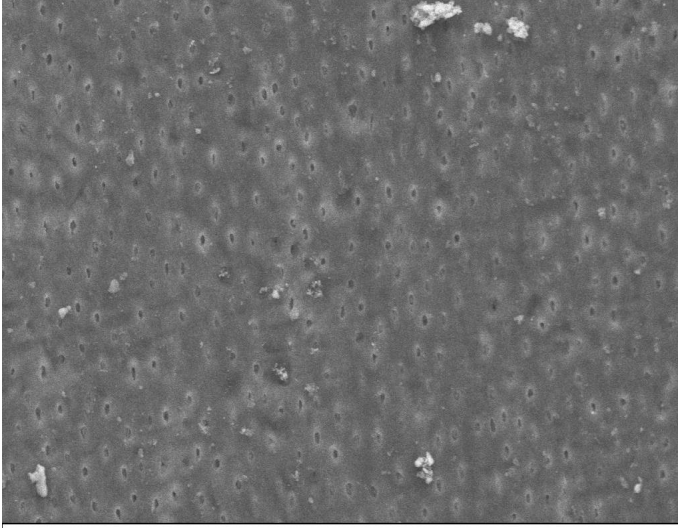


Şekil 16. Grup 1c orta uçlü SEM görüntüsü

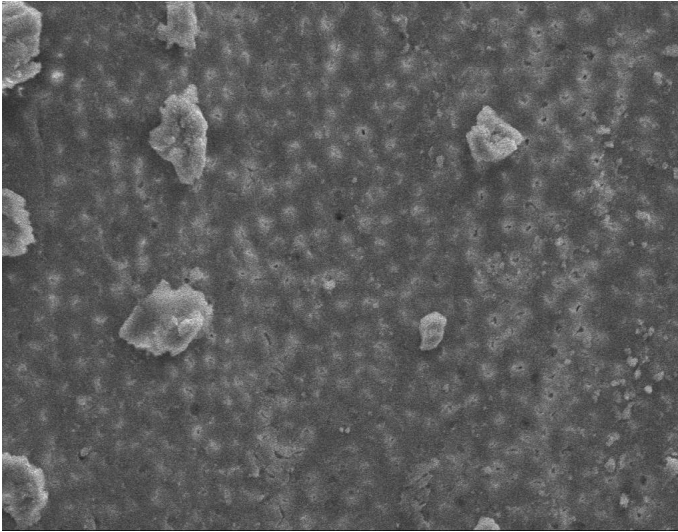


Şekil 17. Grup 1c apikal uçlü SEM görüntüsü

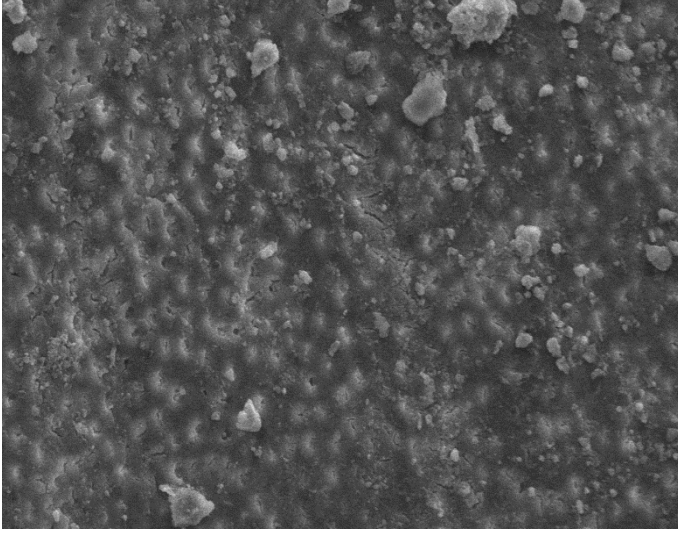
4.1.4. Grup 2a (EDTA-60 sn. bekleme): Son yıkama işleminin %17 EDTA nın 60 saniye boyunca bekletilmesi ile yapıldığı bu grupta örneklerin SEM görüntülerinde koronal ve orta üçlü bölgelerinde tamamen uzaklaştırılmayan smear tabakası ile birlikte kısmen açık dentin tübülleri, apikal üçlü bölgesinde ise yaygın smear tabakası ve kısmen açık dentin tübülleri tespit edilmiştir. Ortalama açık dentin tübül sayısı koronal üçlüde 346.50 ± 30.2 , orta üçlüde 321.10 ± 18 ve apikal üçlüde 180.70 ± 18.01 olarak saptanmıştır (Şekil 18, 19, 20).



Şekil 18. Grup 2a koronal üçlü SEM görüntüsü

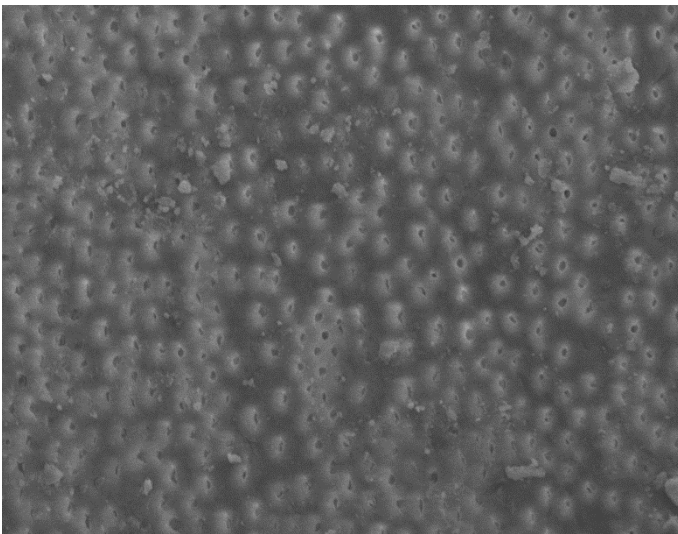


Şekil 19. Grup 2a orta üçlü SEM görüntüsü

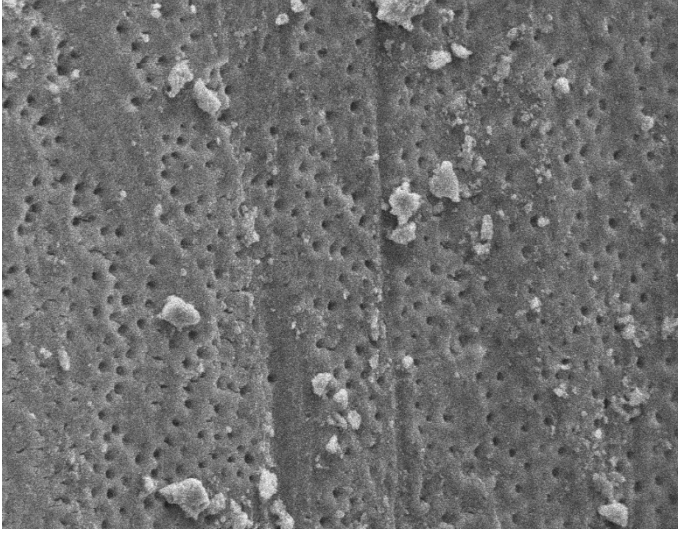


Şekil 20. Grup 2a apikal üçlü SEM görüntüsü

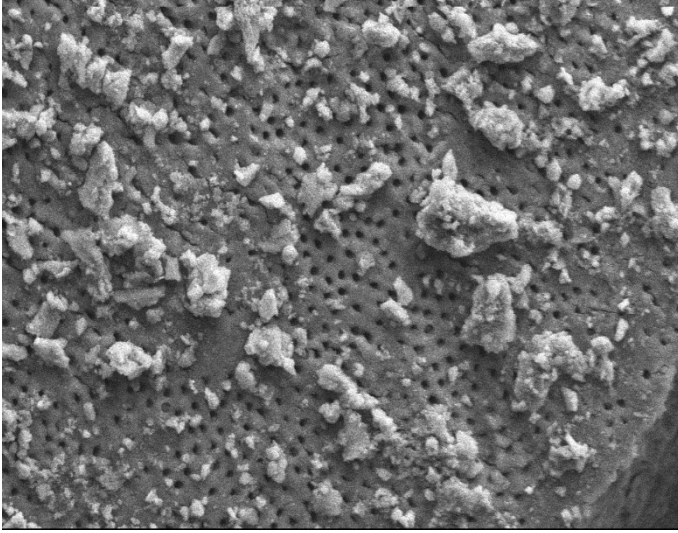
4.1.5. Grup 2b (EDTA- PUI): Son yıkama işleminin %17 EDTA nın 60 sn. boyunca pasif ultrasonik olarak aktive edilmesi ile yapıldığı bu gruptaki örneklerin SEM görüntülerinde koronal üçlü bölgesinde açık dentin tübülleri, orta üçlü bölgesinde az miktarda smear tabakası ile kısmen açık dentin tübülleri ve apikal üçlü bölgesinde daha yoğun smear tabakası ile az kısmen açık dentin tübülleri tespit edilmiştir. Ortalama açık dentin tübül sayısı koronal üçlüde 393.65 ± 23.83 , orta üçlüde 364.15 ± 41.68 ve apikal üçlüde 165.55 ± 38.19 olarak saptanmıştır (Şekil 21, 22, 23).



Şekil 21. Grup 2b koronal üçlü SEM görüntüsü

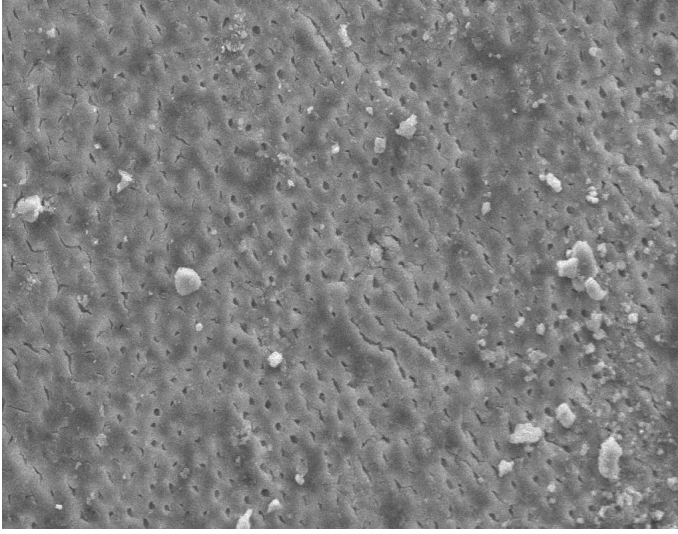


Şekil 22. Grup 2b orta üçlü SEM görüntüsü

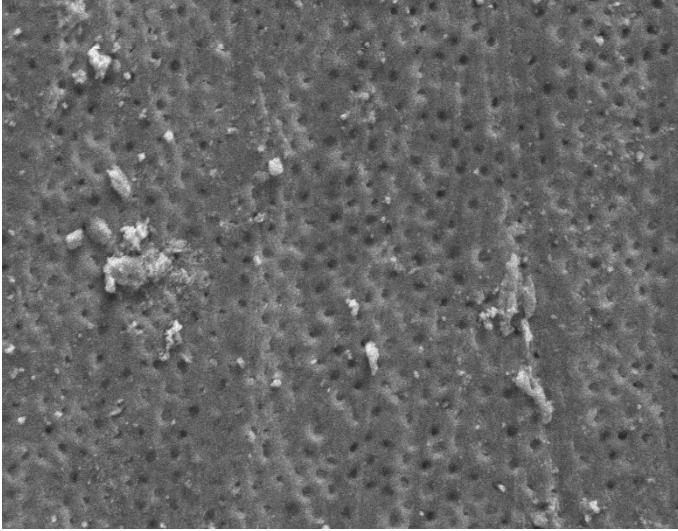


Şekil 23. Grup 2b apikal üçlü SEM görüntüsü

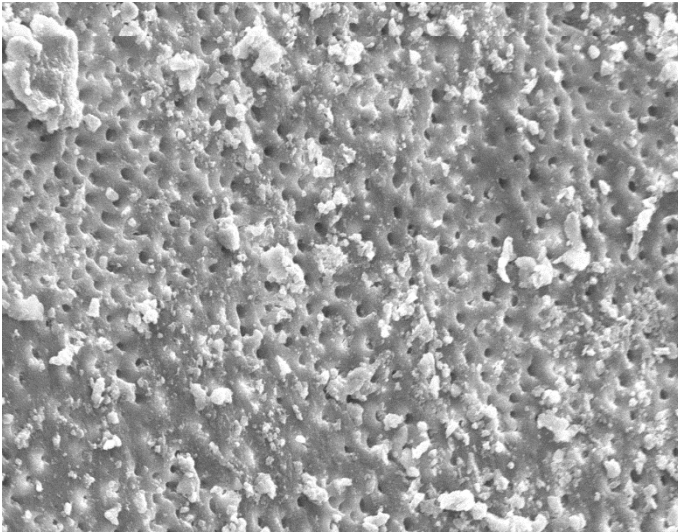
4.1.6. Grup 2c (EDTA-EA): Son yıkama işleminin %17 EDTA'nın 60 sn. boyunca EndoActivator cihazı kullanılarak aktive edilmesi ile yapıldığı bu gruptaki örneklerin SEM görüntülerinde koronal üçlü bölgesinde smear tabakasının uzaklaştırıldığı ve dentin tübüllerinin açık olduğu, orta üçlü bölgesinde kısmi smear tabakası ile kısmen açık dentin tübülleri ve apikal üçlü bölgesinde ise daha yoğun smear tabakasının mevcut olduğu, dentin tübüllerinin kısmen açık olduğu tespit edilmiştir. Ortalama açık dentin tübülü sayısı koronal üçlüde 447.80 ± 37.94 , orta üçlüde 363.30 ± 47.4 ve apikal üçlüde 183.60 ± 23.86 olarak saptanmıştır (Şekil 24, 25, 26).



Şekil 24. Grup 2c koronal uçlü SEM görüntüsü

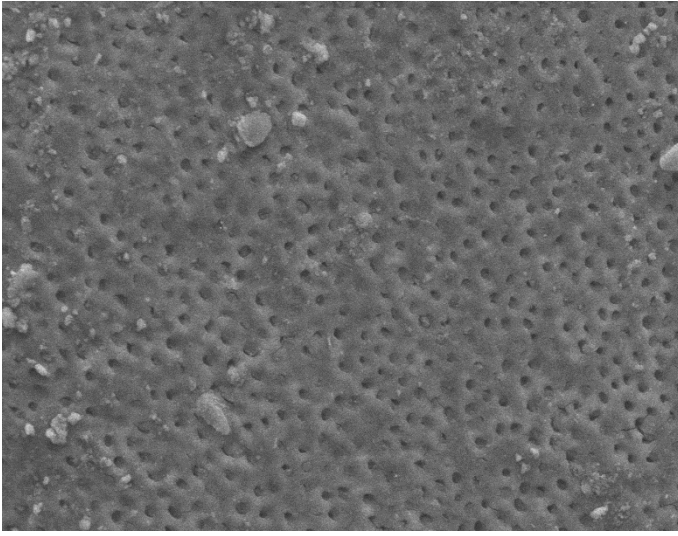


Şekil 25. Grup 2c orta uçlü SEM görüntüsü

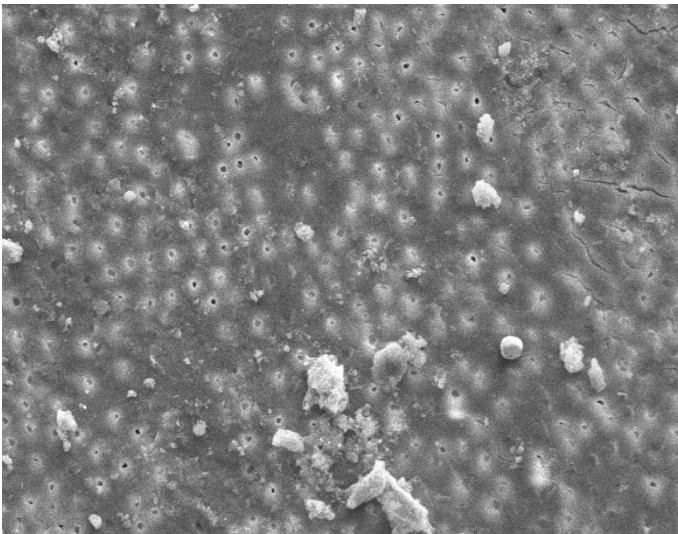


Şekil 26. Grup 2c apikal uçlü SEM görüntüsü

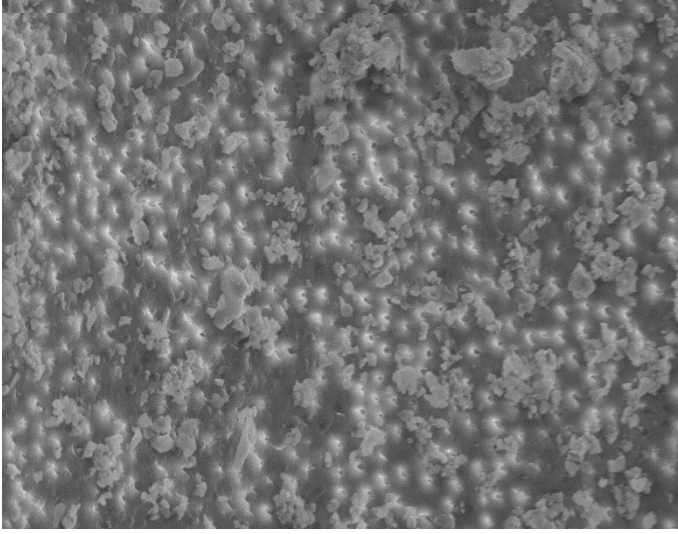
4.1.7. Grup 3a (QMix-60 sn. bekleme): Son yıkama işleminin QMix irrigasyon solüsyonunun 60 sn. süresince bekletilmesi ile yapıldığı bu gruptaki örneklerin SEM görüntülerinde koronal üçlü bölgesinde az miktarda smear tabakası ve kısmen açık dentin tübüleri, orta üçlü bölgesinde tamamen uzaklaştırılmamış ve daha yoğun smear tabakası ile birlikte kısmen açık dentin tübüleri ve apikal üçlü bölgesinde ise yaygın smear tabakası ile az oranda açık dentin tübüleri tespit edilmiştir. Ortalama açık dentin tübül sayısı koronal üçlüde 362.80 ± 29.30 , orta üçlüde 322.15 ± 15.36 ve apikal üçlüde 179.50 ± 11.77 olarak saptanmıştır (Şekil 27, 28, 29).



Şekil 27. Grup 3a koronal üçlü SEM görüntüsü

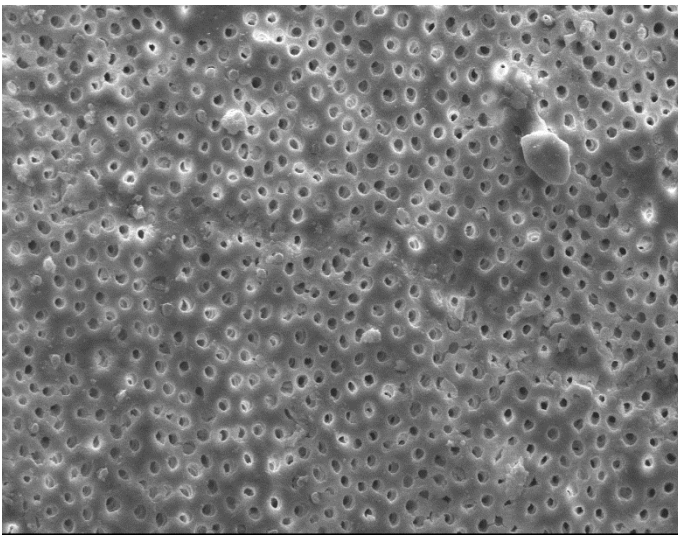


Şekil 28. Grup 3a orta üçlü SEM görüntüsü

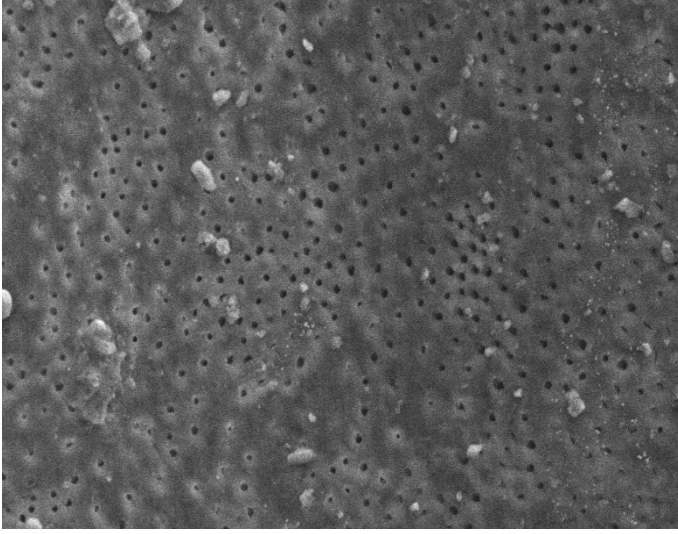


Şekil 29. Grup 3a apikal uçlü SEM görüntüsü

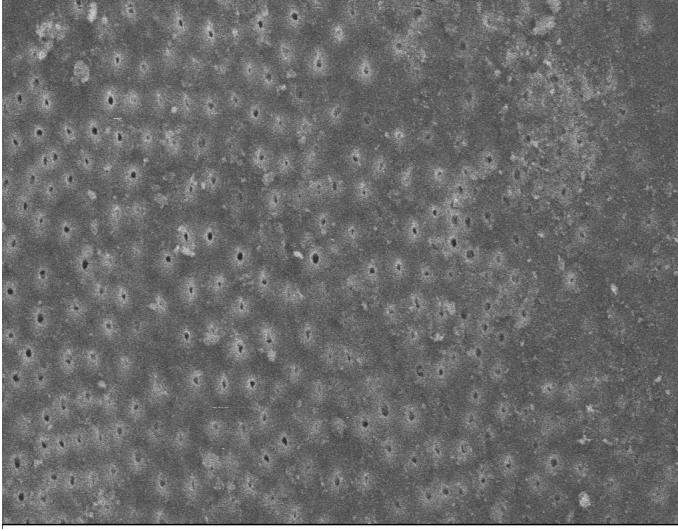
4.1.8. Grup 3b (QMix- PUI): Son yıkama işleminin QMix irrigasyon solüsyonununun 60 sn. pasif ultrasonik olarak aktive edilmesi ile yapıldığı bu gruptaki örneklerin SEM görüntülerinde koronal uçlü bölgesinde smear tabakasının uzaklaştırıldığı ve dentin tübüllerinin açık olduğu, orta uçlü bölgesinde az miktarda smear tabakası ile kısmen açık dentin tübülleri ve apikal uçlü bölgesinde ise kısmi smear tabakası ile birlikte kısmen açık olan dentin tübülleri tespit edilmiştir. Ortalama açık dentin tübülü sayısı koronal uçlüde 417.85 ± 10.01 , orta uçlüde 367.05 ± 40.24 ve apikal uçlüde 165.35 ± 51.69 olarak saptanmıştır (Şekil 30, 31 ,32).



Şekil 30. Grup 3b koronal uçlü SEM görüntüsü

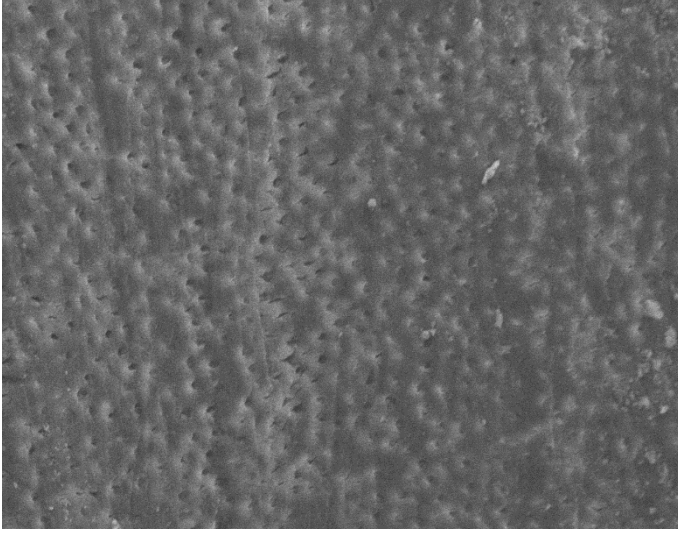


Şekil 31. Grup 3b orta üçlü SEM görüntüsü

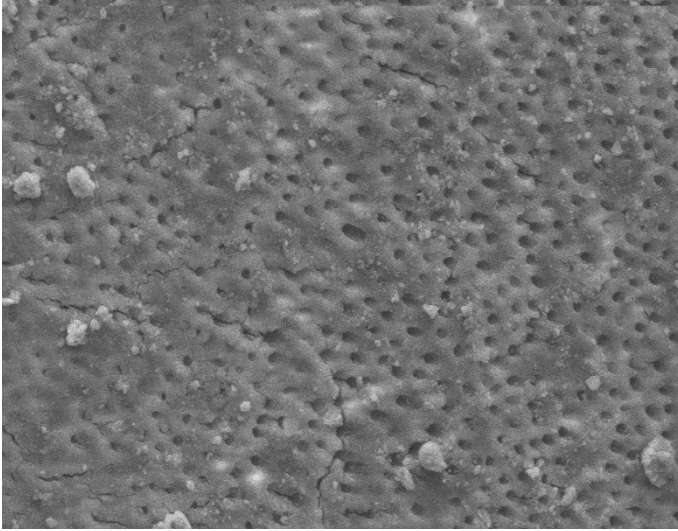


Şekil 32. Grup 3b apikal üçlü SEM görüntüsü

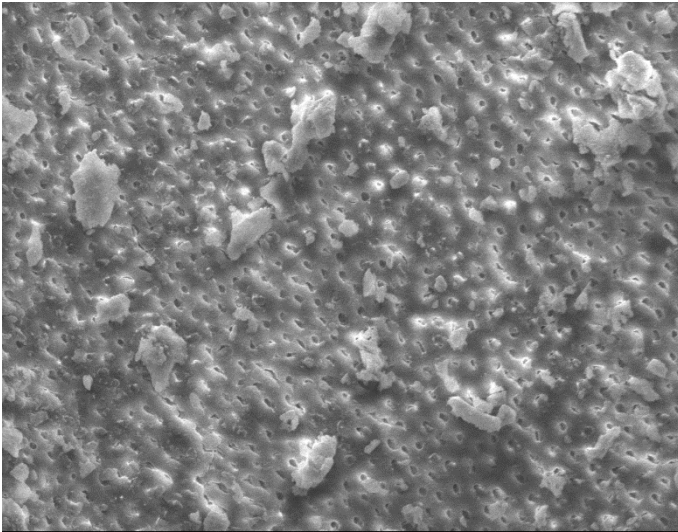
4.1.9. Grup 3c (QMix-EA): Son yıkama işleminin QMix irrigasyon solüsyonunun 60 sn. boyunca EndoActivator cihazı kullanılarak aktive edilmesi ile yapıldığı bu gruptaki örneklerin SEM görüntülerince koronal üçlü bölgesinde smear tabakasının uzaklaştırıldığı ve dentin tübüllerinin açık olduğu, orta üçlü bölgesinde kısmi smear tabakası ve kısmen açık dentin tübülleri, apikal üçlü bölgesinde ise smear tabakasının mevcut olduğu ve dentin tübüllerinin kısmen açık olduğu tespit edilmiştir. Ortalama açık dentin tübülü sayısı koronal üçlüde 408.20 ± 16.37 , orta üçlüde 368.25 ± 44.80 ve apikal üçlüde 209.70 ± 26.08 olarak saptanmıştır (Şekil 33, 34, 35).



Şekil 33. Grup 3c koronal uçlü SEM görüntüsü



Şekil 34. Grup 3c orta uçlü SEM görüntüsü



Şekil 35. Grup 3c apikal uçlü SEM görüntüsü

4.2. SEM Görüntülerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Kappa testine göre değerlendirmeyi yapan klinisyenler arasında açık tübül sayısı değerlendirmesinde %94 uyum bulunmuştur.

Kruskal Wallis testi gruplardan elde edilen açık tübül sayılarının anlamlı şekilde farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için yapılmıştır. Bu test ile gruplar arasındaki farkın anlamlı çıktığı durumlarda Bonferroni düzeltmeli Mann Whitney U testi uygulanmıştır. Grupların sergilediği açık tübül sayısı değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 36'da verilmiştir.

| Grup 1A (distile su-bekleme) | Median (Min-Max) | Ortalama ve Standart Sapma |
|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Koronal | 0 (0-0) | 0±0 |
| Orta | 0 (0-0) | 0±0 |
| Apikal | 0 (0-0) | 0±0 |
| Grup 1B (distile su + Pui) | | |
| Koronal | 0 (0-0) | 0±0 |
| Orta | 0 (0-0) | 0±0 |
| Apikal | 0 (0-0) | 0±0 |
| Grup 1C (distile su + EA) | | |
| Koronal | 0 (0-0) | 0±0 |
| Orta | 0 (0-0) | 0±0 |
| Apikal | 0 (0-0) | 0±0 |
| Grup 2A (EDTA-bekleme) | | |
| Koronal | 337,50 (312-390) | 346,50±30,02 |
| Orta | 321 (289-353) | 321,10±18 |
| Apikal | 186,50 (125-201) | 180,70±18,01 |
| Grup 2B (EDTA-pui) | | |
| Koronal | 391 (309-418) | 393,65±23,83 |
| Orta | 378 (215-400) | 364,15±41,68 |
| Apikal | 174 (106-275) | 165,55±38,19 |
| Grup 2C (EDTA+EA) | | |
| Koronal | 445 (390-495) | 447,80±37,94 |
| Orta | 379,50 (207-398) | 363,30±47,4 |
| Apikal | 192,50 (107-202) | 183,60±23,86 |
| Grup 3A (Qmix-bekleme) | | |
| Koronal | 359 (321-412) | 362,80±29,30 |
| Orta | 325 (297-352) | 322,15±15,36 |
| Apikal | 179,50 (157-197) | 179,50±11,77 |
| Grup 3B (Qmix+pui) | | |
| Koronal | 416 (399-444) | 417,85±10,01 |
| Orta | 378,50 (217-399) | 367,05±40,24 |
| Apikal | 155 (124-278) | 165,35±51,69 |
| Grup 3C (Qmix+EA) | | |
| Koronal | 410 (375-464) | 408,20±16,37 |
| Orta | 390 (270-401) | 368,25±44,80 |
| Apikal | 208,50 (127-275) | 209,70±26,08 |

Şekil 36. Deney grupları ve bölgeler arası karşılaştırmasında grupların gösterdiği açık tübül sayılarının ortalama ve standart sapma değerleri ile medyan, minimum ve maksimum değerler

İrrigasyon sonrası açık dentin tübüleri sayısı incelendiğinde koronal, orta ve apikal üçlü bölgelerinde 1a, 1b ve 1c grupları ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar saptanmıştır ($p<0.05$).

4.2.1. Bölgelere göre gruplar arası farklılıkların değerlendirilmesi

Örnekler açık dentin tübülü sayısı bakımından incelendiğinde örneklerin koronal üçlü bölgelerinde en az açık dentin tübülü grup 1a,1b ve 1c 'de görülmüştür ve bu gruplardaki açık dentin tübülü sayısı grup 2a, 2b, 2c, 3a, 3b ve 3c' ye göre istatistiksel olarak anlamlı miktarda daha azdır ($p<0.05$). Ayrıca grup 2a' da görülen açık dentin tübülü sayısı grup 2b, 2c, 3b ve 3c' de görülen açık dentin tübülü sayısından, grup 3a' da görülen açık dentin tübülü sayısı grup 2b, 2c,3b ve 3c' de görülen açık dentin tübülü sayısından daha azdır ve bu gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$). Bunların dışında diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır. Örneklerin koronal üçlü bölgelerinde açık dentin tübül sayıları karşılaştırıldığında gruplar arasındaki ilişki Şekil 37' de gösterilmektedir.

| | median (min- max) | 1b | 1c | 2a | 2b | 2c | 3a | 3b | 3c |
|----|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1a | 0 (0-0) | | | * | * | * | * | * | * |
| 1b | 0 (0-0) | | | * | * | * | * | * | * |
| 1c | 0 (0-0) | | | * | * | * | * | * | * |
| 2a | 337.50 (312-390) | * | * | | * | * | | * | * |
| 2b | 391 (309-418) | * | * | | | | | | |
| 2c | 445 (390-495) | * | * | | | | | | |
| 3a | 359 (321-412) | * | * | | * | * | | * | * |
| 3b | 416 (399-444) | * | * | | | | | | |
| 3c | 410 (375-464) | * | * | | | | | | |

Şekil 37. Örneklerin koronal üçlü bölgelerinde açık dentin tübülü sayısı açısından gruplar arasındaki farklılıklar

Örnekler orta üçlü bölgelerindeki açık dentin tübülü sayısı açısından incelendiğinde grup 1a, 1b ve 1c' de tüm diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede az açık dentin tübülü tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bunun dışında grup 2a' da tespit edilen açık dentin tübülü sayısı grup 2b, 2c, 3b ve 3c' den azdır ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır. Örneklerin orta üçlü bölgelerinde açık dentin tübül sayıları karşılaştırıldığında gruplar arasındaki ilişki Şekil 38' de gösterilmektedir.

| | Median (min- max) | 1b | 1c | 2a | 2b | 2c | 3a | 3b | 3c |
|----|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1a | 0 (0-0) | | | * | * | * | * | * | * |
| 1b | 0 (0-0) | | | * | * | * | * | * | * |
| 1c | 0 (0-0) | | | * | * | * | * | * | * |
| 2a | 321 (289-353) | * | * | | * | * | | * | * |
| 2b | 378 (215-400) | * | * | | | | | | |
| 2c | 379.50 (207-398) | * | * | | | | | | |
| 3a | 325 (297-352) | * | * | | | | | | |
| 3b | 378.50 (217-399) | * | * | | | | | | |
| 3c | 390 (270-401) | * | * | | | | | | |

Şekil 38. Örneklerin orta üçlü bölgelerinde açık dentin tübülü sayısı açısından gruplar arasındaki farklılıklar

Örneklerin apikal bölgelerinde tespit edilen açık dentin tübülü sayısı incelendiğinde ise grup 1a, 1b ve 1c' de tespit edilen açık dentin tübülü sayısının diğer tüm gruplardan az olduğu görülmüştür. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Örneklerin apikal üçlü bölgelerinde açık dentin tübül sayıları karşılaştırıldığında gruplar arasındaki ilişki Şekil 39' da gösterilmektedir

| | Median (min-max) | 1b | 1c | 2a | 2b | 2c | 3a | 3b | 3c |
|----|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1a | 0 (0-0) | | | * | * | * | * | * | * |
| 1b | 0 (0-0) | | | * | * | * | * | * | * |
| 1c | 0 (0-0) | | | * | * | * | * | * | * |
| 2a | 186.50 (125-201) | * | * | | | | | | |
| 2b | 174 (106-275) | * | * | | | | | | |
| 2c | 192.50 (107-202) | * | * | | | | | | |
| 3a | 179.50 (157-197) | * | * | | | | | | |
| 3b | 155 (124-278) | * | * | | | | | | |
| 3c | 208.50 (127-275) | * | * | | | | | | |

Şekil 39. Örneklerin apikal üçlü bölgelerindeki açık dentin tübülü açısından gruplar arasındaki farklılıklar

4.2.2. Bölgeler arası farklılıkların değerlendirilmesi

Açık dentin tübülü açısından bölgeler arası farklılıkların incelenmesinde grup 1a, 1b ve 1c' de istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$). Grup 2a, 2b, 2c, 3b ve 3c' de koronal üçlü bölgesinde apikal üçlü bölgesine göre istatistiksel olarak daha fazla açık dentin tübülü görülmüştür ($p<0.05$). Grup 3a'da ise koronal üçlü bölgesinde apikal ve orta üçlü bölgelerine göre istatistiksel olarak daha fazla açık dentin tübülü

görülmüştür ($p<0.05$). Bölgeler arası farklılıklar ve açık dentin tübül sayısı açısından gruplar arasındaki farklılıklar Şekil 40' da gösterilmiştir.

| | Median(min-max) | Ortalama ve standart sapma | Koronal |
|----------------------------|-----------------|----------------------------|---------|
| Grup 1a(distile su-60 sn.) | | | |
| Apikal | 0(0-0) | 0±0 | |
| Orta | 0(0-0) | 0±0 | |
| Koronal | 0(0-0) | 0±0 | |
| Grup 1b(distile su-PUİ) | | | |
| Apikal | 0(0-0) | 0±0 | |
| Orta | 0(0-0) | 0±0 | |
| Koronal | 0(0-0) | 0±0 | |
| Grup 1c(distile su-EA) | | | |
| Apikal | 0(0-0) | 0±0 | |
| Orta | 0(0-0) | 0±0 | |
| Koronal | 0(0-0) | 0±0 | |
| Grup 2a(EDTA-60 sn.) | | | |
| Apikal | 186.50(125-201) | 180.70±18.01 | * |
| Orta | 321(289-353) | 321.10±18 | |
| Koronal | 337.50(312-390) | 346.50±30.2 | |
| Grup 2b(EDTA-PUİ) | | | |
| Apikal | 174(106-275) | 165.55±38.19 | * |
| Orta | 378(215-400) | 364.15±41.68 | |
| Koronal | 391(309-418) | 393.65±23.83 | |
| Grup 2c(EDTA-EA) | | | |
| Apikal | 192.50(107-202) | 183.60±23.86 | * |
| Orta | 379.50(207-398) | 363.30±47.40 | |
| Koronal | 445(390-495) | 447.80±37.94 | |
| Grup 3a(QMix- 60 sn.) | | | |
| Apikal | 179.50(157-197) | 179.50±11.77 | * |
| Orta | 325(297-352) | 322.15±15.36 | * |
| Koronal | 359(321-412) | 362.80±29.30 | |
| Grup 3b(QMix-PUİ) | | | |
| Apikal | 155(124-278) | 165.35±51.69 | * |
| Orta | 378.50(217-399) | 367.05±40.24 | |
| Koronal | 416(399-444) | 417.85±10.01 | |
| Grup 3c(QMix-EA) | | | |
| Apikal | 208.50(127-275) | 209.70±26.08 | * |
| Orta | 390(270-401) | 368.25±44.80 | |
| Koronal | 410(375-464) | 408.20±16.37 | |

Şekil 40. Gruplara göre açık dentin tübülü sayısı- Bölgeler arası farkların değerlendirilmesi

5. TARTIŞMA

Endodontide irrigasyon debrisin uzaklaştırılması, lubrikasyon sağlanması, organik ve inorganik artıkların çözülmesi, smear tabakasının uzaklaştırılması, antimikrobiyal etkinlik sağlanması amaçları doğrultusunda kullanılmaktadır (Basrani ve Haapasalo, 2012). yıkama solüsyonları arasındaki temel farkı solüsyonların doku çözücü kapasiteleri ve antimikrobiyal aktiviteleri oluşturmaktadır (Haapasalo ve ark., 2010). Endodonti kliniğinde en yaygın olarak kullanılan irrigasyon solüsyonları sodyum hipoklorit ve EDTA'dır.

Sodyum hipoklorit mükemmel antimikrobiyal etkinliğe sahip, organik dokuları çözebilen bir irrigasyon solüsyonudur (Senia ve ark., 1971b). EDTA ise inorganik çözücü özelliğe sahip, smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkin bir solüsyondur (Zehnder ve ark., 2005). Bu nedenle endodonti pratiğinde smear tabakasının uzaklaştırılması için sodyum hipokloritin ardından EDTA kullanılması önerilmektedir (Ciucchi ve ark., 1989b; Peters ve Barbakow, 2000).

Endodontik bir irrigasyon solüsyonu olarak sodyum hipoklorit %0.5-6 arası konsantrasyonlarda kullanılmaktadır (Basrani ve Haapasalo, 2012). Konsantrasyonu arttıkça sodyum hipokloritin doku çözücü etkinliği artmaktadır (Hand ve ark., 1998). Çalışmalar sodyum hipokloritin konsantrasyonu arttıkça antibakteriyel etkinliğinin de arttığını göstermektedir (Waltimo ve ark., 1999; Gomes ve ark., 2001; Radcliffe ve ark., 2004). Pulpanın kimyasal ajanlarla çözülme mekanizmalarının incelendiği bir çalışmada %5 sodyum hipokloritin pulpa dokusunu 20- 20 dakika arasında çözdüğü bildirilmiştir (Grossman ve Meiman, 1941). %0.5, 1, 2.5 ve 5 olmak üzere farklı konsantrasyonlarda sodyum hipokloritin etki mekanizmasının değerlendirildiği in vitro çalışmada ise sodyum hipokloritin doku çözme hızının direkt olarak konsantrasyonuyla orantılı olduğu gösterilmiştir (Estrela ve ark., 2002). Bu nedenlerle tez çalışmamızda doku çözücü özelliğinden dolayı sodyum hipoklorit %5 konsantrasyonda kullanılmıştır.

Geniş yüzey alanlarına sahip küçük partiküllerden oluşması smear tabakasını asitler tarafından çözülebilir hale getirmektedir (Pashley, 1992). Smear tabakasının çözülmesi amacı ile kullanılan şelasyon ajanlarının çoğu dentindeki kalsiyum iyonları ile reaksiyona girerek çözülebilir kalsiyum şelatları oluşturan EDTA bazlı maddelerdir (Violich ve Chandler, 2010). EDTA normal olarak %17'lik konsantrasyonda kullanılır ve bu konsantrasyonda kök dentinine 1 dakikalık teması ile smear tabakasını

uzaklaştırma etkinliğine sahiptir (Basrani ve Haapasalo, 2012). Çalışmamızda bu nedenle %17'lik EDTA solüsyonu kullanılmıştır.

Kök kanal sistemindeki infeksiyonun elimine edilmesi amacı ile uygulanan kemomekanik preparasyon sonucunda; kök kanalındaki bakteri yükü azalmakta (Burleson ve ark., 2007b), prepare edilmiş dentin duvarında smear tabakası oluşmakta (Zehnder ve ark., 2005) ve prepare edilemeyen istmus, lateral kanallar gibi alanlarda doku debris birikmektedir (Paque ve ark., 2009). Debris ve smear tabakasının uzaklaştırılması için genellikle kombine kullanılan sodyum hipoklorit ve EDTA solüsyonlarının yüksek konsantrasyonda ve uzun temas süreleri ile uygulanmaları ile kök kanal sisteminin fiziksel özellikleri olumsuz etkilenebilmektedir (Qian ve ark., 2011). Bu durum antibakteriyel etkinlik ile smear uzaklaştırma kapasitesine sahip tek bir yıkama solüsyonu ihtiyacını doğurmaktadır (Ordinola-Zapata ve ark., 2013). QMix bu amaçla dizayn edilmiş ve klinik kullanıma yakın zamanlarda sunulmuş bir irrigasyon solüsyonudur. Tez çalışmamızda QMix yıkama solüsyonunun farklı irrigasyon aktivasyon yöntemleri ile smear uzaklaştırma etkinliği incelenmiştir.

İrrigasyon solüsyonlarının dentinin bükülme dayanımı üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada sodyum hipokloritin 24 dakikalık temas süresi sonunda dentinin bükülme dayanımını anlamlı derecede azalttığı gösterilmiştir (Marending ve ark., 2007). Bir başka çalışmada ise sodyum hipoklorite 2 saat boyunca maruz kalan dentinin hem bükülme hem elastik dayanımının anlamlı miktarda azaldığı bildirilmiştir (Grigoratos ve ark., 2001). Bu sonuçlarla birlikte EDTA'nın smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkin olduğu ancak 10 dakikalık temas ile peritübüler ve intertübüler dentinde erozyona neden olduğu bildirilmiştir (Calt ve Serper, 2002). Aynı çalışmada %17 EDTA'nın dentin ile 1 dakikalık temasının erozyona ve dentin tübüllerinin genişlemesine neden olmadığı gösterilmiştir. Ayrıca üretici firma QMix irrigasyon solüsyonunun sodyum hipokloritin ardından final yıkama işlemi için 60-90 sn. kullanılmasını önermektedir. Bu nedenlerle çalışmamızda aktivasyon için 60 sn. süresi standart olarak uygulanmıştır. Aktivasyonun 60 sn. uygulandığı farklı çalışmalar mevcuttur (Lui ve ark., 2007b; Chopra ve ark., 2008; Kuah ve ark., 2009).

Prepare edilmiş kanal duvarlarında ilk kez tespit edilmesinden (Mccomb ve Smith, 1975) itibaren smear tabakası endodontik çalışmaların ve pratiğinin merkezinde yer almış bir kavram haline gelmiştir (De-Deus ve ark., 2011).

Smear tabakasının uzaklaştırılması veya uzaklaştırılmaması uzun süre endodontide bir çelişki olarak kalmıştır (Drake ve ark., 1994; Shahravan ve ark., 2007).

Bazı araştırmacılar smear tabakasının dentin tübüllerini tıkadığını (Pashley ve ark., 1981; Drake ve ark., 1994), bakteri istilasına bariyer oluşturduğunu (Love ve ark., 1996; Perez ve ark., 1996), dentin tübüllerine bakteri penetrasyonunu inhibe ettiğini (Safavi ve ark., 1989) bildirmişler ve bu nedenle uzaklaştırılmasının avantaj sağlamayacağını bildirmişlerdir.

Yapılan çalışmalar infekte kök kanallarında bakteri ve bakteri ürünlerinin bulunduğunu ve bakterilerin dentin tübüllerini istila edebileceğini göstermektedir (Ando ve Hoshino, 1990; Horiba ve ark., 1990; Sen ve ark., 1995). Araştırmacılar köklerin apikal bölgelerinde bakterilerin dentin tübüllerine 150 µm penetre olabildiğini (Sen ve ark., 1995) bildirmişlerdir. Siqueira ve arkadaşları sığır dişleri ve 5 bakteri türü kullanarak yaptıkları çalışmada tüm test bakterilerinin dentin tübüllerine farklı derinliklerde penetre olabildiğini göstermişlerdir (Fischer, 2006). Penetrasyon derinliğinin 737 µm'ye kadar uzanabildiği gösterilmiştir (Paque ve ark., 2009).

Kök kanal sisteminin kompleks anatomik yapısı ve güncel olarak kullanımda olan materyal ve tekniklerin yetersizliği nedeni ile kanal duvarlarının tamamen prepare edilebilmesi, bakteriyel yükün tamamen uzaklaştırılabilmesi veya yok edilmesi mümkün değildir (Hulsmann ve ark., 1997; Silikas ve ark., 1999). Prepare edilmiş ancak obtürasyon yapılmamış bir kanalda kalan bakterilerin 2- 4 gün arasında bir sürede preparasyon öncesi sayılarına ulaşabildikleri bildirilmiştir (Hulsmann ve ark., 1997; Silikas ve ark., 1999). Kök kanal sisteminde kalan bakterilerin rekolonizasyonunun engellenmesi amacı ile infekte kanallarda kanal içi medikaman kullanılması önerilmektedir (Hulsmann ve ark., 1997; George ve ark., 2008b). Byström ve Sundqvist (1985), smear tabakasının irrigasyon solüsyonlarının ve medikamanların dentin tübüllerine penetrasyonunu inhibe ettiğini veya anlamlı derecede azalttığını bildirmişlerdir.

Çalışmalar ayrıca obtürasyon materyallerinin kök dentinine smear tabakası uzaklaştırıldığında daha iyi adezyon sağladığını bildirmektedir (Abramovich ve Goldberg, 1976; White ve ark., 1984). Sealapex, AH26, Tubliseal, Rosin gibi kanal patlarının kullanıldığı çalışmalarda smear tabakasının uzaklaştırılması ile patların 10- 80 µm derinliğe kadar penetrasyonunun sağlandığı, smear tabakası uzaklaştırılmadığında

ise patların dentin tübüllerine penetre olamadığı gösterilmiştir (Loel, 1975; Gutierrez ve ark., 1990; Pallares ve ark., 1995; Kouvas ve ark., 1998). Bu sonuçların yanında smear tabakasının AH26 kanal patının kök dentinine adezyonunu ve mikrosızıntıya direncini azalttığını gösteren sonuçlar bildirilmiştir (Gettleman ve ark., 1991; Economides ve ark., 1999). Farklı araştırmacılar farklı obturasyon teknikleri ve kanal patları ile yaptıkları çalışmalarında smear tabakasının uzaklaştırılmasının mikrosızıntıyı azalttığını göstermişlerdir (Kennedy ve ark., 1986; Cergneux ve ark., 1987a; Economides ve ark., 1999).

Bu bilgiler ışığında obturasyon öncesinde kök kanal sisteminde dezenfeksiyon sağlanabilmesi, mikro sızıntının engellenmesi, obturasyon materyalinin ve kanal patının kök dentinine adezyonunun sağlanması, kanal içi medikamanların ve irrigasyon solüsyonlarının etkinlik gösterebilmesi amacı ile smear tabakasının uzaklaştırılması önem kazanmaktadır.

Bu nedenlerle çalışmamızda farklı yıkama solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma etkinlikleri incelenmiştir.

Literatür incelendiğinde kök kanal tedavisi prosedürlerinde apikal çapın sonlandırılacağı mutlak sayısal değerler bulunmamaktadır. Apikal preparasyonun arttırılmasının kök kanal sistemindeki bakteri yükünü azaltacağını bildiren (Paranjpe ve ark., 2012) sonuçların yanında kanal içindeki bakteri miktarı ile apikal çap veya konisite arasında paralellik olmadığını gösteren bulgular da bulunmaktadır (Mohammadzadeh ve ark., 2014). Buchanan (2000), apikal preparasyonun #20-25 boyutunda sınırlandırılmasını savunurken; Salzberger ve Brilliant (1977) adlı araştırmacılar #35' in ötesinde yapılan apikal şekillendirmenin irrigasyon solüsyonunun periapikal bölgeye itilmesine neden olabileceğini bildirmektedir. Bu sonuçlarla uyumluluk göstermeyen; apikal genişletmenin küçük boyutlarla sınırlandırılması halinde kök kanal sisteminin önemli bir kısmının temizlenmemiş halde kalacağını bildiren sonuçlar da karşımıza çıkmaktadır (Peters ve ark., 2003). Ayrıca kök kanal konisitesi ve apikal preparasyon miktarının artmasının irrigasyon solüsyonunun yer değiştirmesini ve/ veya yenilenmesini arttıracaklarını gösteren çalışmalar da yapılmıştır. (Boutsioukis ve ark., 2010a; b). Bu nedenle tez çalışmamızda irrigasyonun etkinliğinin arttırılması, apikal genişletme miktarı ile diş yapısının korunması kavramları arasında denge oluşturulması amacı ile örnekler ProTaper Universal NiTi eğe sistemi ile F4 (40/.06) egesine kadar

şekillendirilmiştir. 0.4 mm apikal şekillendirme boyutu ayrıca irrigasyon iğnesinin ve aktivasyon ucunun çalışma boyuna 1-2 mm. bölgeye kadar penetre olmasına olanak sağlamaktadır. İğne veya aktivasyon ucunun bu alana penetre olabilmesi yıkama solüsyonuna mekanik etkinlik kazandırmaktadır (Sedgley ve ark., 2005a). Çeşitli irrigasyon solüsyonlarının, aktivasyon yöntem veya cihazlarının incelendiği ve örneklerin apikal çapları 40, konisiteleri 06 olacak şekilde hazırlandığı farklı çalışmalar bulunmaktadır (Akyuz ve Erdemir, 2015; Schmidt ve ark., 2015).

İrrigasyon solüsyonlarının antibakteriyel etkinliğinin artması ve kanal patlarının dentin tübüllerine derin penetrasyonunun sağlanabilmesi için smear tabakasının, pulpa artıklarının, dentin debrisinin, mikroorganizmaların ve mikroorganizma ürünlerinin kök kanal sisteminden uzaklaştırılması önerilmektedir (Torabinejad ve ark., 2002a; Abarajithan ve ark., 2011). Konvansiyonel olarak enjektörle sağlanan yıkama prosedüründe irrigasyon solüsyonunun iğnenin en uç kısmının sadece 1mm. ötesine uygulanabildiği bildirilmiştir (Munoz ve Camacho, 2012) ve bu yöntem kök kanal sisteminin tamamen temizlenmesini sağlayamamaktadır (Villas ve ark., 2011).

Kök kanal sistemine uygulanan irrigasyon solüsyonunun temizleme etkinliği çeşitli aktivasyon tekniklerinin kullanılması ile arttırılabilmektedir (Ahmad ve ark., 1988; Gu ve ark., 2009; Rodig ve ark., 2010a; Deleu ve ark., 2015). Bu bulguların bir sonucu olarak kök kanal sisteminde dezenfeksiyon sağlanabilmesi ve smear tabakasının uzaklaştırılması amacı ile irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonu endodontide çok güncel bir yaklaşım olarak yerini almaktadır (George ve ark., 2008a; Kuhn ve ark., 2013). Bu nedenle tez çalışmamızda 2 farklı irrigasyon aktivasyon yöntemi incelenmiştir.

Ultrasonik irrigasyon yıkama solüsyonuna pasif bir uç kısım vasıtası ile akustik akım ve kavitasyon etkinliği sağlayan, smear tabakasını uzaklaştırmak için uygulanan bir prosedürdür (Saber ve Hashem, 2011). İrrigasyonun maksimum etkinliğe ulaşması için pasif eğe kısmının kanalın duvarlarına temas etmeden serbest olarak salınım yapması gerekmektedir (Walmsley ve Williams, 1989a; Blank-Goncalves ve ark., 2011). Bu nedenle PUI düz kanallı dişlerde daha etkin olarak kullanılabilir (Ahmetoglu ve ark., 2014). EndoActivator cihazı ise yıkama solüsyonuna polimer bir uç vasıtası ile sonik enerji ileterek temizleme etkinliğini arttırmak amacı ile kullanılan bir cihazdır. Eğri kanallardan smear tabakasının ve debrisinin uzaklaştırılmasında yıkama

solüsyonunun temizleme etkinliğini anlamlı miktarda arttırmadığı bildirilmiştir (Rodig ve ark., 2010a). Ayrıca EA cihazının meydana getirdiği sonik aktivasyon polimer uç kök dentinine temas ettiğinde dentini kesmediği halde çizgi halinde bir smear tabakası oluşturabilmektedir (Niu ve ark., 2014). Farklı irrigasyon aktivasyon tekniklerinin eğri kök kanallarında debris ve smear tabasını uzaklaştırma etkinliklerinin değerlendirildiği bir çalışmada, eğri bir kökün apikal üçlü bölgesinde kök kanal duvarının aktivasyon cihazının titreşim genliğini azaltma potansiyeline sahip olması nedeni ile irrigasyon solüsyonuna iletilen aktivasyon enerjisini azaltabileceği bildirilmiştir (Rodig ve ark., 2010a). Bu nedenle çalışmamızda standardizasyon sağlayabilmek ve irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin etkin olarak uygulanabilmesi için daha geniş kanallara sahip maksiller keser dişler kullanılmıştır.

İrrigasyon aktivasyon tekniklerinin smear uzaklaştırma etkinliklerinin incelendiği çalışmalarda; dişlerin apeks bölgeleri mum, silikon ölçü materyali ve yapıştırıcı gibi farklı malzemeler ile kapatılarak klinik ortamın yansıtılması amaçlanmıştır (Mader ve ark., 1984; Baumgartner ve ark., 2007). Apeks bölgesi kapatılmış örnekler ile yapılmış çalışmaların birçoğunda örneklerin apikal üçlü bölgelerinin yeteri kadar temizlenemediği bildirilmiştir (Baumgartner ve Mader, 1987; Albrecht ve ark., 2004). Farklı bir şekilde örneklerin kapalı hale getirilmediği bazı çalışmalarda ise apikal bölgelerin daha iyi temizlendiği gösterilmiştir (Dai ve ark., 2011). Araştırmacılar kullandıkları açık sistemli deney dizaynının çalışmada irrigasyon solüsyonunun etkisinin değil etkinliğinin incelenmekte olması ile açıklamaktadır (Dai ve ark., 2011). Deneyde dış çevre ile kanal boşluğu arasında bağlantı olması deneyin klinik durumu yansıtmasını engellemektedir. Tez çalışmamızda klinik durumu gerçeğe uygun olarak yansıtabilmek amacı ile dişlerin apikal bölgeleri silikon ölçü materyali ile kapatılmıştır. Dentin yüzeyi farklı mikroskoplar ve görüntüleme teknikleri ile incelenebilmektedir (De-Deus ve ark., 2011). Optik mikroskop dentin yüzey değişikliklerinin tespit edilmesi amacı ile kullanılabilen bir cihazdır. De- Deus ve arkadaşlarının geliştirdikleri deneysel metot ile optik mikroskop belirlenmiş bir dentin bölgesinin incelenmesini sağlayabilmektedir (De-Deus ve ark., 2008b). Bu metot dentin üzerinde bulunan birçok farklı x ve y koordinat pozisyonlarından görüntü alınması esasına dayanmaktadır. İnceleme sırasında dentine şelasyon solüsyonu gibi ajanlar uygulanabilmektedir. Meydana gelen dentin yüzey değişimlerinin tespiti amacı ile tekrar aynı x ve y

koordinatlarından görüntü alınabilmesi ve tekniğin operatörden bağımsız gerçekleştirilmesi bu deneysel metodun geleneksel çalışma yöntemlerinden daha güvenilir olmasını sağlamaktadır. Ancak metodun bazı dezavantajları mevcuttur. Bu dezavantajların başında x ve y pozisyonlarına göre görüntü sağlayabilen optik mikroskobun derinlik odaklamasının çok sınırlı olmasıdır (Lee, 1993). Çalışmanın deneyleri gerçekleştirilmeden önce görüntü elde edilebilir düz bir yüzey sağlayabilmek için örneğin ezilerek polisajlı bir hal alması gerekmektedir (De-Deus ve ark., 2008a). Örneklerin hazırlanmasını gerektiren prosedür gerçek klinik koşulları yansıtmadığı için teknik smear tabakasının uzaklaştırılmasının incelenmesinde nadiren kullanılmaktadır. Atomic Force Microscopy (AFM) dentin yüzey değişikliklerinin incelenmesinde kullanılabilir bir diğer mikroskoptur. AFM çürükten etkilenmiş bölgelerin değerlendirilmesinde (Marshall ve ark., 2001), hibrid tabaka analizlerinde (Eliades ve ark., 1999) ve dentin demineralizasyonun belirlenmesinde (De-Deus ve ark., 2006) kullanılabilir. AFM ile biyolojik örneklerin 3 boyutlu harita benzeri görüntüsü elde edilebilmektedir. 3 boyutlu bir görüntü objektif değerlendirmeyi mümkün kılarak AFM için avantaj oluşturur ancak aynı çalışma prensibi sistemin smear tabakasının değerlendirilmesi amacı ile kullanımı noktasında kritik bir kısıtlama meydana getirmektedir. Görüntünün yüzeyinde sert ve sık yükseklik varyasyonları olduğunda AFM' nin görüntüleri analiz eden sistemi örneğin yüzeyini mutlak şekilde okuyamamaktadır ve bu nedenle, smear tabakası uniform bir yapıya sahip olduğundan deneysel durumun değerlendirilmesi amacı ile kullanımı kısıtlanmaktadır (De-Deus ve ark., 2006). Dentin yüzeyinin incelenmesi için bir diğer seçenek çevresel taramalı elektron mikroskobu (ESEM)' dir. ESEM iletken olmayan örneklerin incelenmesi için metal ile kaplama prosedürü ve vakum işlemi gerektirmemektedir (De-Deus ve ark., 2011). Ancak ESEM ile elde edilen görüntülerde güçlü bir kontrast mevcuttur (Reis ve ark., 2008). Bu nedenle dentin tübüllerinin açık olduğu bölgelerin mutlak doğruluk ile saptanması ESEM görüntülerinde mümkün değildir. Diğer bir olasılık olan μ CT yöntemi ile dentin yüzeyinin üç boyutlu görüntüsü elde edilebilmektedir ancak bu yöntem ile taramalı elektron mikroskobu seviyesinde görüntü elde edilememektedir (Paque ve ark., 2011). Dentin yüzey değişiklikleri ve smear tabakası ile ilgili çalışmalarda geleneksel olarak taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmaktadır. İncelenen alanın örnekteki toplam dentin yüzeyi alanından küçük olması ve bu alanın

operatör tarafından özellikle aranmış, seçilmiş ve ayarlanmış olabileceği (Condorelli ve ark., 2010), operatörlerin smear ile kaplı olan alanlar yerine daha temiz, smear tabakasından arındırılmış bölgeler incelemeye eğilimli olabilmesi (Hülsmann ve ark., 2005) yani SEM ile yapılan incelemelerin operatörlere dayalı olabilmesi sistemin dezavantajını oluşturmaktadır. Çalışmamızda smear tabakası uzaklaştırılması çalışmalarında yoğun olarak kullanıldığı için SEM kullanılmıştır. Olası operatör etkisini elimine etmek amacı ile görüntülerin alınacağı yerler standart olarak belirlenmiştir. Görüntüler 4 mm. lik örnek parçalarının ortasında yer alan (örneklerin alttan ve üstten 2 mm. lik hatları) alandan alınmıştır.

Smear tabakasının uzaklaştırılmasının değerlendirildiği çalışmalar incelendiğinde Torabinejad ve ark.'nın (2003a), Takeda ve ark.'nın (1998a), Hülsmann'ın (1997) tanımladığı skorlama sistemlerinin kullanıldığı, verilerin bazı bilgisayar programları ile açık dentin tübülü toplam alanının, görüntünün toplam alanına oranının hesaplanması ile elde edildiği (Schmidt ve ark., 2015) görülmektedir. Bu örneklerde verilerin genellikle 3 veya 4 seviyeli bir skala ile belirlenmesi sistemleri gözlemcinin eğilimine bağlı hale getirilebilmektedir. Çalışmamızda operatöre ve gözlemciye bağlı subjektif eğilimleri elimine edebilmek amacıyla Adobe Photoshop CS6 programı ile direkt olarak açık dentin tübülleri sayılmıştır.

Çalışmamızda sonik ve ultrasonik irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin (PUİ- EA) distile su dışında irrigasyon solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerini arttırdığı gözlemlenmiştir.

Farklı sonik aktivasyon protokollerinin QMix irrigasyon solüsyonunun tek köklü maksiller keser dişlerde temizleme ve smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin incelendiği bir çalışmada; QMix irrigasyon solüsyonunun EndoActivator cihazı ile aktive edildiğinde smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin manuel olarak yapılan enjektör irrigasyonuna göre arttığı gösterilmiştir (Niu ve ark., 2014). Kumar ve ark. yaptıkları çalışmada 40 adet mandibuler premoları ProTaper universal eğe sistemi ile apikal boyutları #40 olacak şekilde F4 eğesine kadar şekillendirmişler ve farklı aktivasyon sistemlerinin kök kanallarında oluşan smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçları EndoActivator cihazının şekillendirme sonrası uygulanan sodyum hipoklorit ve EDTA solüsyonlarının temizleme etkinliğini

arttırdığını göstermektedir (Kumar ve ark., 2015). 30 mandibuler tek köklü premolar dişin manuel olarak K- Flex eğelerle #40 apikal boyuta kadar şekillendirildiği ve Endovac cihazı, PUI ve konvansiyonel manuel olarak yapılan enjektör irrigasyonunun temizleme etkinliklerinin incelendiği benzer bir çalışmada ise sodyum hipoklorit solüsyonunun smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin aktivasyon yöntemleri ile artırıldığı bildirilmiştir. Çalışmada elde edilen veriler sodyum hipokloritin 20 sn. boyunca pasif ultrasonik olarak aktive edilmesinin temizleme etkinliğini arttırdığını göstermektedir (Tambe ve ark., 2014). Konvansiyonel irrigasyon ile sonik ve ultrasonik irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada örnekler kök kanallarının her ege arasında 2.5% sodyum hipoklorit ile irrigasyonunun ardından 3 gruba ayrılmış; birinci gruba smear tabakasını uzaklaştırmak amacı ile uygulanan EDTA solüsyonu kök kanalında 30 saniye bekletilip aktive edilmezken diğer gruplarda EDTA 30 saniye boyunca EndoActivator cihazı ile ve pasif ultrasonik olarak aktive edilmiştir. Örneklerden SEM ile elde edilen görüntülerin Torabinejad ve ark.'nın tanımladığı 3 seviyeli değerlendirme ile skorlanması ve skorların analizi ile sonik ve ultrasonik aktivasyon yöntemlerinin EDTA solüsyonunun smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini arttırdığı gösterilmiştir (Blank-Goncalves ve ark., 2011). Benzer bir çalışmada araştırmacılar 45 tek köklü mandibuler premolar dişi ProTaper Universal ege sisteminin F4 egesine kadar şekillendirdikten sonra 3 gruba ayırmışlardır. Tüm örneklere 3% sodyum hipoklorit ve %17 EDTA irrigasyonu uygulanmıştır. 2 gruptaki örnekler PUI ve manuel dinamik aktivasyona tabi tutulurken diğer 15 örneğe aktivasyon uygulanmamıştır. 3 seviyeli bir skala ile kalan smear tabakasının skorlanması sonucu final irrigasyon solüsyonlarının aktive edilmesinin temizleme etkinliklerini arttırdığı gösterilmiştir (Andrabi ve ark., 2014). Çalışmaların sonuçları tez çalışmamızın sonuçları ile paralellik göstermektedir. Ancak literatür incelendiğinde farklı bulgular da görülebilmektedir; Ciucchi ve arkadaşları yaptıkları çalışmada PUI'nin sodyum hipokloritin temizleme etkinliğini artırırken EDTA solüsyonunun temizleme etkinliğini arttırmadığını bildirmişlerdir. Çalışmada kullanılan 40 adet, molar dişlerden elde edilmiş, orta eğriliğe sahip mezial kök kanalı apikal boyutları #35 olacak şekilde manuel olarak prepare edilmiş ve 4 gruba ayrılmıştır. 1 grup kontrol grubu olurken diğer örneklere sodyum hipoklorit-PUI, sadece EDTA, EDTA-PUI prosedürleri uygulanmıştır. SEM görüntülemesinde ise sadece prepare edilmiş bölgelerden görüntü

alınmıştır ve elde edilen görüntüler 3 seviyeli bir skala ile smear tabakasının varlığı açısından skorlanmıştır (Ciucchi ve ark., 1989b). Sonik ve ultrasonik olarak aktive edilmiş eğelerin, polimer uçların üzerinde nod ve antinod olarak adlandırılan sabit noktalar oluşmakta ve bu noktalar eğe veya polimer ucun titreşim paternini belirlemektedir. Ultrasonik olarak aktive edilmiş bir eğenin üzerindeki sabit noktalar eğenin uzun aksı boyunca bulunmaktadırlar (Walmsley ve Williams, 1989b; Van Der Sluis ve ark., 2007b). Bu patern ultrasonik enerjinin daha yüksek frekansta ancak daha düşük salınım genliğine sahip titreşim oluşturmaya neden olmaktadır. Eğri bir kök kanalındaki yıkama solüsyonuna pasif ultrasonik aktivasyon uygulandığında eğe dentin duvarına temas ettiğinde hem dentini kesmesi nedeni ile dentin debris oluşturacak hem de eğenin temas noktasının sonrasında solüsyona ultrasonik enerjiyi iletemeyecektir. Ayrıca ultrasonik enerjinin yıkama solüsyonuna uygulanması halinde solüsyonda oluşturacağı hız eğenin yer değiştirme genliğinin karesi ve cihazın frekansı ile doğru, eğenin çapı ile ters orantılı olmaktadır (Ahmad ve ark., 1987a). Eğri bir kanaldaki eğeye ultrasonik enerji iletilindiğinde eğenin yer değiştirme miktarı az olabilir bu nedenle enerjinin iletildiği solüsyonun hızı düz bir kanal ile kıyaslandığında; cihaz aynı frekansa, eğe aynı çapa sahip olsa da daha az olabilir. Tez çalışmamızın PUI sonucu ile Ciucchi ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmanın sonucunun paralel olmamasına ultrasonik enerjinin eğri kök kanalında oluşturabileceği titreşim paterninin neden olduğunu düşünmekteyiz. Bunun dışında Ciucchi ve arkadaşlarının çalışmalarında manuel olarak yaptıkları şekillendirme işlemini #35 apikal boyutta bitirmeleri çalışmamıza kıyasla örneklerin apikal bölgesinde oluşabilecek hava kısılması olayını daha olası hale getirmektedir. Benzer olarak EndoActivator cihazının smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin incelendiği bir çalışmada 40 adet tek köklü maksiller keser diş Mtwo döner eğe sistemi ile, her eğeden sonra 1 mL 4% sodyum hipoklorit solüsyonu ile irrige edilerek #40/.04 boyutuna kadar şekillendirilmiş ve uygulanan final irrigasyon aktivasyon protokolüne göre 4 gruba ayrılmıştır. 1. Grupta örneklere 3 mL 4% sodyum hipoklorit uygulanmış solüsyon aktive edilmemiştir. 2. Grupta örneklere 1 mL %17 EDTA ve 3 mL %4 sodyum hipoklorit uygulanmış solüsyonlar aktive edilmemiştir. 3. Grupta örneklere 3 mL %4 sodyum hipoklorit uygulanmış ve solüsyon EndoActivator cihazı ile 60 sn. boyunca aktive edilmiştir. 4. grupta ise örneklere 1 mL %17 EDTA uygulanmış, solüsyon EndoActivator cihazı ile aktive edilmiş ve sonrasında 3 mL 4%

sodyum hipoklorit uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda EndoActivator cihazının EDTA ve sodyum hipoklorit solüsyonlarının temizleme etkinliğini arttırmadığı bildirilmiştir (Uroz-Torres ve ark., 2010). Tez çalışmamızda da tek köklü üst keser dişler kullanılmış ancak örnekler ProTaper Universal NiTi eğe sistemi ile F4 eğesine kadar şekillendirilmiş ve her eğeden sonra kanallar 2 mL 5% sodyum hipoklorit solüsyonu ile kanallar irrigate edilmiştir. Final irrigasyon solüsyonu olarak 17% EDTA kullanılan grupta ise örnekler 5 mL solüsyon uygulanmış ardından 5 mL distile su ile kanallar yıkanmıştır. Irrigasyon solüsyonlarının hacmi arttıkça etkinlikleri de artmaktadır. Bunun yanında sodyum hipokloritin çözücü kapasitesi konsantrasyonu arttıkça artmaktadır. Çalışmamızda, benzer çalışmaya göre hem şekillendirme aşamasında hem de final yıkama prosedüründe daha fazla hacimde irrigasyon solüsyonu kullanılması ve uygulanan sodyum hipoklorit solüsyonunun daha yüksek konsantrasyona sahip olması sonuçların paralel olmamasına neden olmuş olabilir. Dadresanfar ve arkadaşları EDTA ve MTAD ‘ ın smear uzaklaştırma kapasitesine ultrasonik aktivasyonun etkisini inceledikleri çalışmanın sonucunda ultrasonik aktivasyonun EDTA ‘ nın smear ve debris uzaklaştırma etkinliğini arttırmadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar maksiller ve mandibuler tek köklü dilerin kullanıldığı çalışmalarında örnekleri ProTaper Univelsal eğe sistemi ile F3 boyutuna kadar, her eğeden sonra kanalları 2 mL 2.6% sodyum hipoklorit solüsyonu ile irrigate ederek şekillendirmişlerdir. Final irrigasyon protolü aşamasında EDTA gruplarında; 1 mL EDTA uygulamasının ardından örnekler 5 mL 2.6% sodyum hipoklorit uygulanmış ve solüsyonlar aktive edilmemiştir. Diğer EDTA grubunda ise örnekler sadece 1 mL EDTA uygulanmış ve solüsyon ultrasonik olarak 60 sn. boyunca aktive edilmiştir. Ultrasonik aktivasyon amacı ile kullanılan cihazın gücü 3 ayarında kullanılmıştır. Çalışmamızda kullanılan tek köklü maksiller keser dişler her eğeden sonra 2 mL 5% sodyum hipoklorit solüsyonu ile irrigate edilerek ProTaper Universal eğe sistemi ile F4 eğesine kadar şekillendirilmiştir. Final yıkama prosedüründe EDTA- PUI grubundaki örnekler EDTA 5 mL uygulanmış ve ultrasonik aktivasyon amacı ile kullanılan cihazın güç ayarı 10’ a ayarlanmıştır. Ardından kanallar 5 mL distile su ile irrigate edilmiştir. Çalışmamızda örneklerin F4 eğesine kadar şekillendirilmesi ultrasonik aktivasyonun verimliliğini arttırmış, apikal bölgedeki muhtemel hava kısılması etkisini elimine etmiş olabilir. Ayrıca şekillendirme sırasında daha fazla ve daha yüksek konsantrasyonda

sodyum hipoklorit solüsyonu kullanılması ve final yıkama prosedüründe EDTA ‘nın 5 mL uygulanması sonuçların birbirini desteklememesine neden olmuş olabilir. Darresanfar ve arkadaşlarının (Dadresanfar ve ark., 2011) ultrasonik aktivasyon için kullandıkları cihazda güç ayarı bizim çalışmamızda ultrasonik aktivasyon amacı ile kullandığımız cihazda olduğu gibi 10 seviyelidir. Çalışmamızda cihazın ayarını 10 seviyesinde kullanmamız örneklerimize uyguladığımız ultrasonik aktivasyonun gücünü arttırmıştır. Ayrıca aktive edilmiş irrigasyon solüsyonlarının temizleme etkinliklerinin artması için çözülen mikro partiküllerin uzaklaştırılması gerekmektedir (Chow, 1983a). Çalışmamızda aktivasyon sonrası örnekler bu amaçla 5 mL distile su ile yıkanmıştır. Örnek çalışmada bu protokolün uygulanmamasının da sonuçların paralel olmamasını etkileyebileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda pasif ultrasonik irrigasyon ve EndoActivator cihazı ile aktive edilen irrigasyon solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma etkinlikleri incelenmiştir. Çalışmamızın sonucunda pasif ultrasonik irrigasyon ile EndoActivator cihazı ile aktivasyonun irrigasyon solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma etkinlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı gözlenmiştir.

Farklı irrigasyon aktivasyon protokollerinin ve SAF (Self Adjusting File) sisteminin smear tabakası ve debris uzaklaştırma etkinliklerinin incelendiği bir çalışma 2014 yılında yayınlanmıştır. Çalışmada maksiller lateral kesici dişler kullanılmış ve örnekler ProTaper Univelsal eğe sistemi ile F4 eğesine kadar şekillendirilmiş ve 8 gruba ayrılmıştır. Her gruptaki örneklere farklı final aktivasyon protokolleri uygulanmış ve çalışmanın sonucunda ultrasonik irrigasyon ile sonik irrigasyon (EA cihazı) arasında smear tabakasının uzaklaştırılması açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir (Capar ve Aydınbelge, 2014). Mandibuler premolar dişlerin hibrid bir teknikle şekillendirildiği ve aktive edilmemiş sodyum hipoklorit irrigasyonu ile EndoActivator cihazı, ultrasonik irrigasyon ve F file aktivasyonunun kök kanallarını temizleme etkinliklerinin karşılaştırıldığı çalışmada Klyn ve arkadaşları sonik ve ultrasonik aktivasyonun kök kanallarının temizlenmesi etkinliklerinin arasında anlamlı fark olmadığını göstermişlerdir (Klyn ve ark., 2010b). Bir başka çalışmada araştırmacılar mandibuler molar dişlerin mezio- bukkal kanallarını her eğeden sonra 2 mL ve şekillendirme sonrasında 6 mL olmak üzere 2.5% sodyum hipoklorit solüsyonu

ile irrigate ederek şekillendirmişler, 3 gruba ayırdıkları örneklere final aktivasyon protokolü olarak; konvansiyonel enjektör irrigasyonu, EndoActivator cihazı ile aktivasyon ve pasif ultrasonik aktivasyon uygulamışlardır. Çalışmanın sonuçları analiz edildiğinde aktivasyon sistemlerinin irrigasyon solüsyonunun smear tabakası uzaklaştırma etkinliğini arttırdığı, aktivasyon sistemleri arasında ise smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği açısından fark olmadığı gösterilmiştir (Blank-Goncalves ve ark., 2011). Bu çalışmaların sonuçları tez çalışmamızın bulgularını destekler niteliktedir. Ancak literatürde farklı sonuçlara sahip çalışmalar da görülmektedir. Rödig ve arkadaşları yaptıkları çalışmada EA cihazı ile ultrasonik irrigasyonun smear tabakası uzaklaştırma etkinlikleri arasında EA cihazı lehine istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermişlerdir (Rodig ve ark., 2010a). Araştırmacılar bu çalışmada mandibuler molarları mezial köklerini kullanmışlar ve örnekleri hibrid bir teknikle #40/.02 boyutuna kadar şekillendirmişlerdir. Her örneğe 5 mL 20% EDTA ve 5 mL 3% sodyum hipoklorit standart olarak final irrigasyon solüsyonları olarak uygulanmış ve örnekler uygulanacak aktivasyon protokolüne göre gruplara ayrılmıştır. EndoActivator cihazı maksimum salınım sayısı olan 10000 cpm ayarında kullanılırken ultrasonik aktivasyon grubunda uygulanan final irrigasyon solüsyonuna titreşim sağlayan ultrasonik cihaz skalasının $\frac{1}{4}$ gücünde çalıştırılmıştır. Sonik enerjiyi irrigasyon solüsyonuna ileten cihazların (EA cihazı) titreşim prensibi ile ultrasonik aktivasyon ileten cihazların titreşim paternleri farklıdır. EA cihazının titreşimi ileten kısmında sabit noktaların yani nod ve antinodun biri polimer ucun başlangıç bölgesinde biri ise ucunda bulunmaktadır (Walmsley ve ark., 1989). Böylece cihaza iletilen frekans düşük olsa da titreşim genliği ultrasonik titreşimin titreşim genliğinden büyük olmaktadır. Bu nedenle eğri kanallarda EA cihazının polimer ucu dentine temas etmesi sonucunda dentini kesme bile çizgisel şekilde karakteristik bir smear tabakası oluşumuna neden olabilmektedir. Ultrasonik aktivasyonda ise eğrinin dentinle teması sonucunda dentin dokusu kesilmektedir. Rödig ve arkadaşlarının çalışması ile tez çalışmamızın bulgularının paralel olmaması; Rödig ve arkadaşlarının çalışmalarında eğri kökler kullanmalarına ve ultrasonik aktivasyon cihazının güç skalasının $\frac{1}{4}$ ayarında kullanılmasına bağlı olabilir. 4 farklı irrigasyon aktivasyon yönteminin smear tabakasının uzaklaştırma etkilerinin incelendiği 2014 yılında yayınlanmış bir çalışmada EndoActivator cihazının smear tabakasını uzaklaştırma açısından pasif ultrasonik

irrigasyondan daha etkin olduğu bildirilmiştir (Guo ve ark., 2014). Maksiller keser dişlerin dahil edildiği çalışmada örnekler ProTaper Universal ege sistemi ile F3 egesine kadar şekillendirilmişlerdir. Şekillendirme aşamasında tüm örnekler her ege sonrasında 1 mL sodyum hipoklorit ile irriga edilmiş sonrasında örneklere 5 mL distile su ve 1 mL EDTA uygulanmıştır. Sonrasında gruplara ayrılmış olan örneklere; EA grubunda 10000 cpm ile, ultrasonik aktivasyon grubunda ise ultrasonik cihazın güç skalası 4/10 ayarında iken aktivasyon uygulanmıştır. Ahmad ve arkadaşları ultrasonik aktivasyonda egeğin kanal içerisinde serbest olarak salınabilmesi için kök kanalının #40 boyutunda şekillendirilmesi gerektiğini göstermişlerdir (Ahmad ve ark., 1988). Çalışmamızda ultrasonik aktivasyon, cihazın güç skalası 10/10 ayarında iken uygulanmıştır. Tez çalışmamızın bulgularını desteklemeyen çalışma sonuçlarının cihazın 4/10 güç ayarında iken ultrasonik aktivasyon uygulanması ile ve örneklerin F3 egesine kadar genişletilmesi ilgili olduğunu düşünmekteyiz. Sonik ve ultrasonik sistemlerin kök kanallarının temizlenmesindeki etkinliklerinin incelendiği bir başka çalışmada EA cihazının kök kanallarını temizleme açısından ultrasonik aktivasyondan daha etkin olduğu bildirilmiştir. Maksiller kanin dişlerin dahil edildiği çalışmada örnekler #40/ .06 boyutuna kadar, her egede 6.15% sodyum hipoklorit irrigasyonu ile şekillendirilmişlerdir. Daha sonra 17% EDTA ile yıkanan örnekler gruplara ayrılmış ve örneklere sonik (EA cihazı) ve ultrasonik aktivasyon uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan ultrasonik cihaz, skalasının 6/14 güç ayarında çalıştırılmıştır (Kanter ve ark., 2011). Bu çalışmaya benzer şekilde planlanan bir başka çalışmada Mancini ve arkadaşları tek köklü mandibuler premolar dişleri dahil ettikleri ve farklı irrigasyon aktivasyon sistemlerinin kök kanallarını temizleme ve smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini incelemişlerdir. Araştırmacılar EA cihazının smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin ultrasonik aktivasyondan istatistiksel olarak anlamlı miktarda fazla olduğunu göstermişlerdir (Mancini ve ark., 2013). Örneklerin ProTaper Universal ege sistemi ile her egeden sonra 3 mL 5.25% sodyum hipoklorit irrigasyonu uygulanarak F4 boyutuna kadar şekillendirildiği çalışmada ultrasonik aktivasyon grubunda, ultrasonik cihazı 10 kademeli güç skalasının 5. ayarında kullanılmıştır. Bu iki çalışmanın sonuçlarının bulgularımızı destekler nitelikte olmamasının ultrasonik cihazların düşük bir güç ayarında kullanılması ile ilgili olduğunu düşünmekteyiz.

Tez çalışmamızda açık dentin tübül sayısı açısından bölgeler arası farklılıklar değerlendirildiğinde distile su gruplarında (grup 1a, 1b ve 1c) istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır($p>0.05$). QMix in kanalda 60 saniye bekletildiği grupta (grup 3a) koronal üçlü bölgesinde orta ve apikal üçlü bölgelerine göre istatistiksel olarak daha fazla açık dentin tübülü görülmüştür ($p<0.05$). Diğer tüm gruplarda ise (grup 2a, 2b, 2c, 3b, 3c) koronal üçlü bölgesinde apikal üçlü bölgesine göre istatistiksel olarak daha fazla açık dentin tübülü görülmüştür ($p<0.05$).

2014 yılında yayınlanmış bir çalışmada araştırmacı QMix irrigasyon solüsyonunun smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini distile su, 5.25% sodyum hipoklorit, 17% EDTA, 2% CHX ve 17% EDTA – hemen ardından uygulanan 2% CHX kombinasyonu ile kıyaslamıştır. Çalışmada yıkama solüsyonları örneklerle 5 mL uygulanmış ve herhangi bir aktivasyon cihazı kullanılmamıştır. Bulguların analizi sonucunda araştırmacı QMix grubundaki örneklerin koronal ve orta üçlü bölgelerinde apikal üçlü bölgesine göre daha fazla açık dentin tübülü saptandığını bildirmiştir (Elnaghy, 2014). Tez çalışmamızın sonuçları yapılan çalışmanın sonuçları ile uyumluluk göstermektedir. Farklı sonik aktivasyon protokollerinin tek köklü dişlerde temizleme etkinliğinin incelendiği farklı bir çalışmada QMix irrigasyon solüsyonu EA cihazı ile aktive edildiğinde smear tabakasının kökün koronal ve orta üçlü bölgelerinden apikal üçlü bölgesine göre daha etkin olarak uzaklaştırıldığı gösterilmiştir. Aynı çalışmada negatif kontrol grubunda bulunan örneklerle uygulanan steril salin solüsyonunun smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin olmadığı görülmektedir (Niu ve ark., 2014). Çalışmanın sonuçları tez çalışmamızın bulguları ile paralellik göstermektedir. Bu sonuçların aksine QMix irrigasyon solüsyonunun smear tabakası uzaklaştırma etkinliğinde bölgeler arası farklılıklar incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı da farklı bir çalışma ile bildirilmiştir. Araştırmacılar çalışmada tek köklü dişler kullanmışlar, örnekleri ProTaper Universal eğe sistemi ile F5 eğesine kadar şekillendirmişlerdir. QMix, MTAD, 5.25% sodyum hipoklorit ve distile suyun kullanıldığı çalışmada araştırmacılar örneklerin apeks bölgelerini açık bırakmışlardır (Dai ve ark., 2011). Kök ucu tıkanmayan örnekler kullanılması halinde kanal boşluğu ile dış ortam arasında bağlantı olması apikal bölgede oluşabilecek hava kısılması olayını imkansız hale getirdiği için kök ucu kapatılmış örneklerle göre özellikle dişin apikal üçlü bölgesinde daha etkin bir temizleme sağlanabilmektedir. Çalışmamızda klinik ortamı

daha iyi yansıtabilmek amacı ile örneklerin kapalı hale getirilmesinin sonuçlarımızın paralel olmamasına neden olduğu görüşünderiz.

Tez çalışmamızın sonucunda QMix ve 17% EDTA irrigasyon solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerinin arasında anlamlı fark olmadığı gözlenmiştir.

Final yıkama prosedürlerinin debris ve smear tabakasını uzaklaştırma ve epoksi bazlı bir kanal patının push- out dayanımı üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada araştırmacılar kanin dişleri çalışmalarına dahil ederek her eğeden sonra 5 mL 2.5% sodyum hipoklorit irrigasyonu ile örnekleri ProTaper Universal eğe sistemi ile F5 eğesine kadar şekillendirmişlerdir. Sonrasında gruplara ayrılan dişlere; EDTA grubunda 17% EDTA uygulanması ve aktive edilmeden 3 dakika kanalda bekletme, QMix grubunda ise aktive etmeden 2 dakika boyunca kanalda bekletme protokolleri uygulanmıştır. SEM ile alınan görüntüler skorlanmış ve verilerin analiz edilmesi sonucunda araştırmacılar QMix irrigasyon solüsyonunun smear tabakasını uzaklaştırma açısından 17% EDTA kadar etkin olduğunu göstermişlerdir (Aranda-Garcia ve ark., 2013b). Dai ve arkadaşları QMix irrigasyon solüsyonunun smear tabakası ve debris uzaklaştırma etkinliğini inceledikleri çalışmada tek köklü dişleri ProTaper Universal eğe sistemi ile F5 eğesine kadar şekillendirmişler, oluşturdukları gruplarda ise 2 farklı pH' ya sahip QMix irrigasyon solüsyonu, 17% EDTA, distile su, MTAD ile 5.25% sodyum hipoklorit irrigasyonunun ardından final irrigasyonu uygulamışlardır. Araştırmacılar çalışmanın sonucunda iki farklı pH' ya sahip QMix solüsyonunun da smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği açısından 17% EDTA kadar etkin olduğunu bildirmişlerdir (Dai ve ark., 2011). Stojicic ve arkadaşlarının QMix irrigasyon solüsyonunun antibakteriyel ve smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini inceledikleri bir çalışma 2012 yılında yayınlanmıştır. Farklı bir materyal metot dizaynına sahip olan çalışmada solüsyonların smear uzaklaştırma etkinliğinin incelenmesi için tek köklü dişler kullanılmış, dişlerin koronal ve apikal bölgelerinin separe ile kesilmesinin ardından dişlerden 2 mm.lik kesitler elde edilmiştir. Kesitlerin her biri 4 parçaya ayrılmış ve parçalara 1 veya 2 dakika süre ile QMix, 17% EDTA veya distile su uygulanmıştır. Yapılan incelemede solüsyonların; separenin oluşturduğu smear tabakasının endodontik eğeler tarafından oluşturulan smear tabakasından daha kalın olduğu için etkinlik gösteremedikleri gözlenmiştir. Bu nedenle tekrar gruplara ayrılan

örnekler; 5 dakika 10 mL 6% sodyum hipoklorit, 1 dakika 10 mL distile suyun ardından 5 dakika QMix veya 5 dakika 17% EDTA solüsyonuna tabi tutulmuş ve tüm örnekler 1 dakika boyunca distile su ile yıkanmıştır. SEM ile alınan görüntüler bir skorlama sistemi ile incelenmemiş, görüntülerdeki açık- kapalı dentin tübülleri Adobe Photoshop CS3 programı ile sayılmıştır. Çalışmanın sonuçları QMix irrigasyon solüsyonunun smear tabakası uzaklaştırmada 17% EDTA solüsyonu kadar etkin olduğu göstermektedir (Stojicic ve ark., 2012). Elnaghy adlı araştırmacı QMix irrigasyon solüsyonunun fiber postların kök dentinine bağlanma dayanımını incelediği çalışmada ayrıca QMix' in smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini de değerlendirmiştir. Çalışmada tek köklü dişler kullanılmış ve örnekler ProTaper Universal eğe sistemi ile F4 eğesine kadar şekillendirilmiştir. Obturasyon ve post boşluğunun preparasyonunun ardından örnekler 5 mL 17% EDTA ve 5 mL QMix uygulanmıştır. Örneklerden elde edilen SEM görüntüleri incelenmiş ve verilerin analizi sonucunda QMix' in smear tabakasının uzaklaştırılmasında 17% EDTA kadar etkin olduğu bildirilmiştir (Elnaghy, 2014). Çalışmaların sonuçları tez çalışmamızın sonuçlarını destekler niteliktedir.

QMix irrigasyon solüsyonunun smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin incelendiği bir başka çalışmada ise araştırmacılar QMix irrigasyon solüsyonunun smear tabakasının uzaklaştırılması açısından 17% EDTA solüsyonundan daha etkin olduğunu bildirmişleridir. Tek köklü dişlerin kullanıldığı çalışmada örnekler her eğe sonrasında 0.2 mL 6.15% sodyum hipoklorit irrigasyonu ile #40/ .06 boyutuna kadar şekillendirilmişler ve gruplara ayrılmışlardır. Örnekler QMix ve 17% EDTA 60 ve 90 sn. boyunca uygulanmış ve ardından örnekler 3 mL distile su ile yıkanmıştır (Eliot ve ark., 2014). Çalışmanın şekillendirme aşamasında her örnek için toplam 1.4 mL sodyum hipoklorit olmak üzere 4.4 mL yıkama solüsyonu kullanılmıştır. Tez çalışmamızda ise şekillendirme prosedüründe her örnek için toplam 19 mL sodyum hipoklorit solüsyonu kullanılmıştır. Örnek çalışmanın sonuçlarımıza paralel olmayan bulgularının kanalların şekillendirmesi aşamasında kullanılan sodyum hipoklorit solüsyonunun hacminin az olmasına bağlı olduğunu düşünmekteyiz.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın sınırları içinde ulaşılan sonuçlar ve öneriler şunlardır:

1. Çalışmamızın sonuçlarına göre mekanik şekillendirme işlemi kök dentin duvarında smear tabakası oluşumuna neden olmaktadır.
2. İrrigasyon solüsyonlarının aktive edilmesi smear tabakası uzaklaştırma etkinliklerini istatistiksel olarak anlamlı miktarda arttırmaktadır ($p<0.05$).
3. QMix ve EDTA yıkama solüsyonlarının smear tabakası uzaklaştırma etkinlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$).
4. EDTA ve QMix yıkama solüsyonları düz ve geniş kanallarda kökün koronal üçlü bölgesinden apikal üçlü bölgesine göre istatistiksel olarak anlamlı miktarda fazla smear tabakası uzaklaştırmaktadır ($p<0.05$).
5. Aktivasyon uygulansa bile EDTA ve QMix smear tabakasının kök kanallarından tamamen uzaklaştırılmasını sağlayamamaktadır.
6. Smear tabakasının kök kanal sisteminden tamamen uzaklaştırılabilmesi için farklı dizayna sahip yıkama solüsyonlarına ve irrigasyon aktivasyon cihazlarına ihtiyaç bulunmaktadır.
7. Bahsedilen alanlarda ilerleme kaydedilmesi için yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Referanslar

- Abarajithan M, Dham S, Velmurugan N, Valerian-Albuquerque D, Ballal S, Senthilkumar H. Comparison of Endovac irrigation system with conventional irrigation for removal of intracanal smear layer: an in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011; 112(3): 407-411.
- Abbott PV, Heijkoop PS, Cardaci SC, Hume WR, Heithersay GS. An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *Int Endod J.* 1991a; 24(6): 308-316.
- Abbott PV, Heijkoop PS, Cardaci SC, Hume WR, Heithersay GS. An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *Int Endod J.* 1991b; 24(6): 308-316.
- Abou-Rass M, Oglesby SW. The effects of temperature, concentration, and tissue type on the solvent ability of sodium hypochlorite. *J Endod.* 1981; 7(8): 376-377.
- Abou-Rass M, Piccinino MV. The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982; 54(3): 323-328.
- Abramovich A, Goldberg F. The relationship of the root canal sealer to the dentine wall. An in vitro study using the scanning electron microscope. *J Br Endod Soc.* 1976; 9(2): 81-86.
- Ahmad M, Pitt Ford TJ, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod.* 1987a; 13(10): 490-499.
- Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. Ultrasonik debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *J Endod.* 1987b; 13(3): 93-101.
- Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *J Endod.* 1987c; 13(3): 93-101.
- Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA, Walton AJ. Ultrasonik debridement of root canals: acoustic cavitation and its relevance. *J Endod.* 1988; 14(10): 486-493.
- Ahmetoglu F, Keles A, Yalcin M, Simsek N. Effectiveness of different irrigation systems on smear layer removal: A scanning electron microscopic study. *Eur J Dent.* 2014; 8(1): 53-57.
- Akter BO, Cengiz T, Piskin B. The penetration of smear material into dentinal tubules during instrumentation with surface-active reagents: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 1989; 15(12): 588-590.
- Akyuz Ekim SN, Erdemir A. Comparison of different irrigation activation techniques on smear layer removal: an in vitro study. *Microsc Res Tech.* 2015; 78(3): 230-239.
- Al-Ali M, Sathorn C, Parashos P. Root canal debridement efficacy of different final irrigation protocols. *Int Endod J.* 2012; 45(10): 898-906.
- Al-Hadlaq SM, Al-Turaiki SA, Al-Sulami U, Saad AY. Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2006a; 32(12): 1181-1184.
- Al-Hadlaq SM, Al-Turaiki SA, Al-Sulami U, Saad AY. Efficacy of a New Brush-Covered Irrigation Needle in Removing Root Canal Debris: A Scanning Electron Microscopic Study. *J Endod.* 2006b; 32(12): 1181-1184.
- Al-Jadaa A, Paque F, Attin T, Zehnder M. Necrotic pulp tissue dissolution by passive ultrasonik irrigation in simulated accessory canals: impact of canal location and angulation. *Int Endod J.* 2009; 42(1): 59-65.
- Alacam T. Scanning electron microscope study comparing the efficacy of endodontic irrigating systems. *Int Endod J.* 1987; 20(6): 287-294.
- Albrecht LJ, Baumgartner JC, Marshall JG. Evaluation of apical debris removal using various sizes and tapers of ProFile GT files. *J Endod.* 2004; 30(6): 425-428.
- Ando N, Hoshino E. Predominant obligate anaerobes invading the deep layers of root canal dentin. *Int Endod J.* 1990; 23(1): 20-27.

- Andrabi SM, Kumar A, Zia A, Iftexhar H, Alam S, Siddiqui S. Effect of passive ultrasonic irrigation and manual dynamic irrigation on smear layer removal from root canals in a closed apex in vitro model. *J Investig Clin Dent*. 2014; 5(3): 188-193.
- Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Chavez-Andrade GM, Kalatzis-Sousa NG, Hungaro Duarte MA, Faria G, Reis So MV, Faria NB, Jr. Effect of final irrigation protocols on microhardness and erosion of root canal dentin. *Microsc Res Tech*. 2013a; 76(10): 1079-1083.
- Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Vitorino KR, Chavez-Andrade GM, Duarte MA, Bonetti-Filho I, Faria G, So MV. Effect of the root canal final rinse protocols on the debris and smear layer removal and on the push-out strength of an epoxy-based sealer. *Microsc Res Tech*. 2013b; 76(5): 533-537.
- Ardila CN, Wu MK, Wesselink PR. Percentage of filled canal area in mandibular molars after conventional root-canal instrumentation and after a noninstrumentation technique (NIT). *Int Endod J*. 2003; 36(9): 591-598.
- Arslan H, Uygun AD, Keskin A, Karatas E, Seckin F, Yildirim A. Evaluation of orange-brown precipitate formed in root canals after irrigation with chlorhexidine and QMix and spectroscopic analysis of precipitates produced by a mixture of chlorhexidine/NaOCl and QMix/NaOCl. *Int Endod J*. 2014. doi: 10.1111/iej. 12427.
- Asboe-Jørgensen V, Attström R, Lang NP, Løe H. Effect of a chlorhexidine dressing on the healing after periodontal surgery. *J Periodontol*. 1974; 45(1): 13-17.
- Avrupa Endodonti Birliği. Consensus report of the European Society of Endodontology on quality guidelines for endodontic treatment. *Int Endod J*. 1994; 27(3): 115-124.
- Baker MC, Ashrafi SH, Van Cura JE, Remeikis NA. Ultrasonic compared with hand instrumentation: a scanning electron microscope study. *J Endod*. 1988; 14(9): 435-440.
- Baker NA, Eleazer PD, Averbach RE, Seltzer S. Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *J Endod*. 1975; 1(4): 127-135.
- Ballal NV, Tweeny A, Khechen K, Prabhu KN, Satyanarayan, Tay FR. Wettability of root canal sealers on intraradicular dentine treated with different irrigating solutions. *J Dent*. 2013; 41(6): 556-560.
- Baratto-Filho F, Leonardi DP, Zielak JC, Vanni JR, Sayao-Maia SM, Sousa-Neto MD. Influence of ProTaper finishing files and sodium hypochlorite on cleaning and shaping of mandibular central incisors--a histological analysis. *J Appl Oral Sci*. 2009; 17(3): 229-233.
- Barbosa CAM, Gonçalves RB, Siqueira Jr JF, De Uzeda M. Evaluation of the antibacterial activities of calcium hydroxide, chlorhexidine, and camphorated paramonochlorophenol as intracanal medicament. A clinical and laboratory study. *J Endod*. 1997; 23(5): 297-300.
- Barkhordar RA, Watanabe LG, Marshall GW, Hussain MZ. Removal of intracanal smear by doxycycline in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1997; 84(4): 420-423.
- Barnes JE. The production of inlay cavity bevels. *Br Dent J*. 1974; 137(10): 379-390.
- Basmadjian-Charles CL, Farge P, Bourgeois DM, Lebrun T. Factors influencing the long-term results of endodontic treatment: a review of the literature. *Int Dent J*. 2002; 52(2): 81-86.
- Basrani B, Ghanem A, Tjäderhane L. Physical and Chemical Properties of Chlorhexidine and Calcium Hydroxide-Containing Medications. *Journal of Endodontics*. 2004; 30(6): 413-417.
- Basrani B, Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. *Endod Topics*. 2012; 27(1): 74-102.
- Basrani B, Santos JM, Tjäderhane L, Grad H, Gorduysus O, Huang J, Lawrence HP, Friedman S. Substantive antimicrobial activity in chlorhexidine-treated human root dentin. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2002; 94(2): 240-245.
- Basrani B, Tjäderhane L, Santos JM, Pascon E, Grad H, Lawrence HP, Friedman S. Efficacy of chlorhexidine- and calcium hydroxide-containing medicaments against *Enterococcus*

- faecalis* in vitro. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol and Endod. 2003; 96(5): 618-624.
- Baumgartner JC, Brown CM, Mader CL, Peters DD, Shulman JD. A scanning electron microscopic evaluation of root canal debridement using saline, sodium hypochlorite, and citric acid. J Endod. 1984; 10(11): 525-531.
- Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. J Endod. 1992; 18(12): 605-612.
- Baumgartner JC, Johal S, Marshall JG. Comparison of the antimicrobial efficacy of 1.3% NaOCl/BioPure MTAD to 5.25% NaOCl/15% EDTA for root canal irrigation. J Endod. 2007; 33(1): 48-51.
- Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. J Endod. 1987; 13(4): 147-157.
- Bergenholtz G. Micro-organisms from necrotic pulp of traumatized teeth. Odontologisk revy. 1974; 25(4): 347.
- Biesterfeld RC, Taintor JF. A comparison of periapical seals of root canals with RC-Prep or Salvizol. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1980; 49(6): 532-537.
- Bitter NC. A 25% tannic acid solution as a root canal irrigant cleanser: a scanning electron microscope study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1989; 67(3): 333-337.
- Bjorvatn K. Antibiotic compounds and enamel demineralization. An in vitro study. Acta Odontol Scand. 1982; 40(5): 341-352.
- Blank-Goncalves LM, Nabeshima CK, Martins GH, Machado ME. Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: conventional irrigation versus activation systems. J Endod. 2011; 37(9): 1268-1271.
- Block SS. Disinfection, sterilization, and preservation, Lippincott Williams & Wilkins. 2001.
- Boutsioukis C, Gogos C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Van der Sluis LW. The effect of apical preparation size on irrigant flow in root canals evaluated using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. Int Endod J. 2010a; 43(10): 874-881.
- Boutsioukis C, Gogos C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Van der Sluis LW. The effect of root canal taper on the irrigant flow: evaluation using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. Int Endod J. 2010b; 43(10): 909-916.
- Boutsioukis C, Lambrianidis T, Kastrinakis E, Bekiaroglou P. Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles. Int Endod J. 2007; 40(7): 504-513.
- Bradford CE, Eleazer PD, Downs KE, Scheetz JP. Apical Pressures Developed by Needles for Canal Irrigation. J Endod. 2002; 28(4): 333-335.
- Brannstrom M, Nyborg H. Cavity treatment with a microbicidal fluoride solution: growth of bacteria and effect on the pulp. J Prosthet Dent. 1973; 30(3): 303-310.
- Brannstrom M, Johnson G. Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: a scanning electron microscopic investigation. J Prosthet Dent. 1974; 31(4): 422-430.
- Brannstrom M, Nordenvall KJ, Glantz PO. The effect of EDTA-containing surface-active solutions on the morphology of prepared dentin: an in vivo study. J Dent Res. 1980; 59(7): 1127-1131.
- Brannstrom M. Communication between the oral cavity and the dental pulp associated with restorative treatment. Oper Dent. 1984; 9(2): 57-68.
- Briseno BM, Wirth R, Hamm G, Standhartinger W. Efficacy of different irrigation methods and concentrations of root canal irrigation solutions on bacteria in the root canal. Endod Dent Traumatol. 1992; 8(1): 6-11.
- Buchanan LS. The standardized-taper root canal preparation--Part 1. Concepts for variably tapered shaping instruments. Int Endod J. 2000; 33(6): 516-529.
- Burleson A, Nusstein J, Reader A, Beck M. The In vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound Instrumentation in Necrotic, Human Mandibular Molars. J Endod. 2007a; 33(7): 782-787.

- Burleson A, Nusstein J, Reader A, Beck M. The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *J Endod.* 2007b; 33(7): 782-787.
- Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res.* 1981; 89(4): 321-328.
- Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1983; 55(3): 307-312.
- Bystrom A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J.* 1985; 18(1): 35-40.
- Cabral C, Fernandes M. In vitro comparison of chlorhexidine and povidone-iodine on the long-term proliferation and functional activity of human alveolar bone cells. *Clin Oral Invest.* 2007; 11(2): 155-164.
- Calt S, Serper A. Smear layer removal by EGTA. *J Endod.* 2000; 26(8): 459-461.
- Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod.* 2002; 28(1): 17-19.
- Cameron JA. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *J Endod.* 1983a; 9(7): 289-292.
- Cameron JA. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *J Endod.* 1983b; 9(7): 289-292.
- Cameron JA. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: A scanning electron microscope evaluation. *J Endod.* 1987; 13(11): 541-545.
- Cameron JA. The effect of ultrasonic endodontics on the temperature of the root canal wall. *J Endod.* 1988a; 14(11): 554-559.
- Cameron JA. The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration; SEM study. *Aust Dent J.* 1988b; 33(3): 193-200.
- Capar ID, Aydinbelge HA. Effectiveness of various irrigation activation protocols and the self-adjusting file system on smear layer and debris removal. *Scanning.* 2014; 36(6): 640-647.
- Card SJ, Sigurdsson A, Ørstavik D, Trope M. The Effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J Endod.* 2002; 28(11): 779-783.
- 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.
- Caron G, Nham K, Bronnec F, Machtou P. Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. *J Endod.* 2010; 36(8): 1361-1366.
- Carver K, Nusstein J, Reader A, Beck M. In Vivo Antibacterial Efficacy of Ultrasound after Hand and Rotary Instrumentation in Human Mandibular Molars. *J Endod.* 2007; 33(9): 1038-1043.
- Caso A, Hung L-K, Beirne OR. Prevention of alveolar osteitis with chlorhexidine: A meta-analytic review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005; 99(2): 155-159.
- Cergneux M, Ciucchi B, Dietschi JM, Holz J. The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *Int Endod J.* 1987a; 20(5): 228-232.
- Cergneux M, Ciucchi B, Dietschi JM, Holz J. The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *Int Endod J.* 1987b; 20(5): 228-232.
- Chailertvanitkul P, Saunders WP, MacKenzie D. The effect of smear layer on microbial coronal leakage of gutta-percha root fillings. *Int Endod J.* 1996; 29(4): 242-248.
- Chandrasekhar V, Amulya V, Rani VS, Prakash TJ, Ranjani AS, Gayathri C. Evaluation of biocompatibility of a new root canal irrigant Q Mix 2 in 1- An in vivo study. *J Conserv Dent.* 2013; 16(1): 36-40.
- Cheung GS, Stock CJ. In vitro cleaning ability of root canal irrigants with and without endosonics. *Int Endod J.* 1993a; 26(6): 334-343.
- Cheung GSP, Stock CJR. In vitro cleaning ability of root canal irrigants with and without endosoniks. *Int Endod J.* 1993b; 26(6): 334-343.

- Chopra S, Murray PE, Namerow KN. A scanning electron microscopic evaluation of the effectiveness of the F-file versus ultrasonic activation of a K-file to remove smear layer. *J Endod.* 2008; 34(10): 1243-1245.
- Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod.* 1983a; 9(11): 475-479.
- Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod.* 1983b; 9(11): 475-479.
- Christensen CE, McNeal SF, Eleazer P. Effect of lowering the pH of sodium hypochlorite on dissolving tissue in vitro. *J Endod.* 2008; 34(4): 449-452.
- Ciucchi B, Khettabi M, Holz J. The effectiveness of different endodontic irrigation procedures on the removal of the smear layer: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J.* 1989a; 22(1): 21-28.
- Ciucchi B, Khettabi M, Holz J. The effectiveness of different endodontic irrigation procedures on the removal of the smear layer: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J.* 1989b; 22(1): 21-28.
- Condorelli GG, Bonaccorso A, Smecca E, Schafer E, Cantatore G, Tripi TR. Improvement of the fatigue resistance of NiTi endodontic files by surface and bulk modifications. *Int Endod J.* 2010; 43(10): 866-873.
- Cunningham WT, Martin H, Forrest WR. Evaluation of root canal débridement by the endosonik ultrasonik synergistic system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982; 53(4): 401-404.
- Cymerman JJ, Jerome LA, Moodnik RM. A scanning electron microscope study comparing the efficacy of hand instrumentation with ultrasonic instrumentation of the root canal. *J Endod.* 1983; 9(8): 327-331.
- Czonstkowsky M, Wilson EG, Holstein FA. The smear layer in endodontics. *Dent Clin North Am.* 1990; 34(1): 13-25.
- da Costa Ribeiro A, Nogueira GEC, Antoniazzi JH, Moritz A, Zzell DM. Effects of diode laser (810 nm) irradiation on root canal walls: thermographic and morphological studies. *J Endod.* 2007; 33(3): 252-255.
- Dadresanfar B, Khalilak Z, Delvarani A, Mehrvarzfar P, Vatanpour M, Pourasadollah M. Effect of ultrasonication with EDTA or MTAD on smear layer, debris and erosion scores. *J Oral Sci.* 2011; 53(1): 31-36.
- Dai L, Khechen K, Khan S, Gillen B, Loushine BA, Wimmer CE, Gutmann JL, Pashley D, Tay FR. The effect of QMix, an experimental antibacterial root canal irrigant, on removal of canal wall smear layer and debris. *J Endod.* 2011; 37(1): 80-84.
- Dalat DM, Spangberg LS. Comparison of apical leakage in root canals obturated with various gutta-percha techniques using a dye vacuum tracing method. *J Endod.* 1994; 20(7): 315-319.
- Dalton BC, Ørstavik D, Phillips C, Pettiette M, Trope M. Bacterial reduction with nickel-titanium rotary instrumentation. *J Endod.* 1998; 24(11): 763-767.
- Das A, Kottoor J, Mathew J, Kumar S, George S. Dentine microhardness changes following conventional and alternate irrigation regimens: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2014; 17(6): 546-549.
- Davies A. The mode of action of chlorhexidine. *J Periodontol Res.* 1973; 8: 68-75.
- Davis JM, Maki J, Bahcall JK. An in vitro comparison of the antimicrobial effects of various endodontic medicaments on *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 33(5): 567-569.
- De-Deus G, Paciornik S, Pinho Mauricio MH, Prioli R. Real-time atomic force microscopy of root dentine during demineralization when subjected to chelating agents. *Int Endod J.* 2006; 39(9): 683-692.
- De-Deus G, Reis C, Fidel S, Fidel R, Paciornik S. Dentin demineralization when subjected to BioPure MTAD: a longitudinal and quantitative assessment. *J Endod.* 2007; 33(11): 1364-1368.
- De-Deus G, Reis C, Fidel S, Fidel RA, Paciornik S. Longitudinal and quantitative evaluation of dentin demineralization when subjected to EDTA, EDTAC, and citric acid: a co-site

- digital optical microscopy study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008a; 105(3): 391-397.
- De-Deus G, Reis C, Paciornik S. Critical appraisal of published smear layer-removal studies: methodological issues. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011; 112(4): 531-543.
- De-Deus G, Zehnder M, Reis C, Fidel S, Fidel RA, Galan J, Jr.,Paciornik S. Longitudinal co-site optical microscopy study on the chelating ability of etidronate and EDTA using a comparative single-tooth model. *J Endod.* 2008b; 34(1): 71-75.
- Dederich DN, Zakariasen KL,Tulip J. Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentin following neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. *J Endod.* 1984; 10(9): 428-431.
- Deleu E, Meire MA,De Moor RJ. Efficacy of laser-based irrigant activation methods in removing debris from simulated root canal irregularities. *Lasers Med Sci.* 2015; 30(2): 831-835.
- Desai P, Himel V. Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *J Endod.* 2009; 35(4): 545-549.
- Dovgyallo GI, Migun NP, Prokhorenko PP. The complete filling of dead-end conical capillaries with liquid. *J Engineer Physics.* 1989; 56(4): 395-397.
- Drake DR, Wiemann AH, Rivera EM, Walton RE. Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer. *J Endod.* 1994; 20(2): 78-82.
- Druittman ACS, Stock CJR. An in vitro comparison of ultrasonik and conventional methods of irrigant replacement. *Int Endod J.* 1989; 22(4): 174-178.
- Dua D, Dua A, Uppin VM. A Scanning electron microscopic evaluation of intracanal smear layer removal by two different final irrigation activation systems. *Contemp Clin Dent.* 2014; 5(1): 37-41.
- Dunavant TR, Regan JD, Glickman GN, Solomon ES, Honeyman AL. Comparative evaluation of endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod.* 32(6): 527-531.
- Economides N, Liolios E, Kolokuris I, Beltes P. Long-term evaluation of the influence of smear layer removal on the sealing ability of different sealers. *J Endod.* 1999; 25(2): 123-125.
- Eick JD, Wilko RA, Anderson CH, Sorensen SE. Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J Dent Res.* 1970; 49(6): Suppl:1359-1368.
- Elakanti S, Cherukuri G, Rao VG, Chandrasekhar V, Rao AS, Tummala M. Comparative evaluation of antimicrobial efficacy of QMix 2 in 1, sodium hypochlorite, and chlorhexidine against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*. *J Conserv Dent.* 2015; 18(2): 128-131.
- Eliades G, Vougiouklakis G, Palaghias G. Effect of dentin primers on the morphology, molecular composition and collagen conformation of acid-demineralized dentin in situ. *Dent Mater.* 1999; 15(5): 310-317.
- Eliot C, Hatton JF, Stewart GP, Hildebolt CF, Jane Gillespie M, Gutmann JL. The effect of the irrigant QMix on removal of canal wall smear layer: an ex vivo study. *Odontology.* 2014; 102(2): 232-240.
- Elnaghy AM. Effect of QMix irrigant on bond strength of glass fibre posts to root dentine. *Int Endod J.* 2014; 47(3): 280-289.
- Emilson CG, Ericson T, Heyden G, Magnusson BC. Uptake of chlorhexidine to hydroxyapatite. *J Periodontal Res.* 1973; 8: 17-21.
- Estrela C, Estrela CRA, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA,Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J.* 2002; 13: 113-117.
- Falk KW, Sedgley CM. The Influence of Preparation Size on the Mechanical Efficacy of Root Canal Irrigation In Vitro. *J Endod.* 2005; 31(10): 742-745.
- Fardal O, Turnbull RS. A review of the literature on use of chlorhexidine in dentistry. *J Am Dent Assoc.* 1986; 112(6): 863-869.

- Farhad AR, Barekatin B, Koushki AR. The effect of three different root canal irrigant protocols for removing smear layer on the apical microleakage of AH26 sealer. *Iran Endod J.* 2008; 3(3): 62-67.
- Faria G, Celes MRN, De Rossi A, Silva LAB, Silva JS, Rossi MA. Evaluation of chlorhexidine toxicity injected in the paw of mice and added to cultured L929 fibroblasts. *J Endod.* 2007; 33(6): 715-722.
- Fernando Fariniuk L, Baratto-Filho F, da Cruz-Filho AM, de Sousa-Neto MD. Histologic analysis of the cleaning capacity of mechanical endodontic instruments activated by the Endoflash System. *J Endod.* 2003; 29(10): 651-653.
- Fischer D. Root canal preparation with Endo-Eze AET: changes in root canal shape assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J.* 2006; 39(4): 332-333.
- Fraser JG. Chelating agents: their softening effect on root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1974; 37(5): 803-811.
- Galvan DA, Ciarlone AE, Pashley DH, Kulild JC, Primack PD, Simpson MD. Effect of smear layer removal on the diffusion permeability of human roots. *J Endod.* 1994; 20(2): 83-86.
- Garip Y, Sazak H, Gunday M, Hatipoglu S. Evaluation of smear layer removal after use of a canal brush: an SEM study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 110(2): 62-66.
- Garvey LH, Roed-Petersen J, Husum B. Anaphylactic reactions in anaesthetised patients – four cases of chlorhexidine allergy. *Acta Anaesthesiolog Scand.* 2001; 45(10): 1290-1294.
- Gencoglu N, Samani S, Gunday M. Evaluation of sealing properties of Thermafil and Ultrafil techniques in the absence or presence of smear layer. *J Endod.* 1993; 19(12): 599-603.
- George R, Meyers IA, Walsh LJ. Laser activation of endodontic irrigants with improved conical laser fiber tips for removing smear layer in the apical third of the root canal. *J Endod.* 2008a; 34(12): 1524-1527.
- George R, Rutley EB, Walsh LJ. Evaluation of smear layer: a comparison of automated image analysis versus expert observers. *J Endod.* 2008b; 34(8): 999-1002.
- George S, Kishen A, Song KP. The role of environmental changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2005; 31(12): 867-872.
- Gettleman BH, Messer HH, ElDeeb ME. Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *J Endod.* 1991; 17(1): 15-20.
- Ghoddsi J, Rohani A, Rashed T, Ghaziani P, Akbari M. An evaluation of microbial leakage after using MTAD as a final irrigation. *J Endod.* 2007; 33(2): 173-176.
- Giardino L, Ambu E, Becce C, Rimondini L, Morra M. Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. *J Endod.* 2006; 32(11): 1091-1093.
- Giardino L, Ambu E, Savoldi E, Rimondini R, Cassanelli C, Debbia EA. Comparative Evaluation of Antimicrobial Efficacy of Sodium Hypochlorite, MTAD, and Tetraclean Against *Enterococcus faecalis* Biofilm. *J Endod.* 33(7): 852-855.
- Gilboe DB, Svare CW, Thayer KE, Drennon DG. Dentinal smearing: an investigation of the phenomenon. *J Prosthet Dent.* 1980; 44(3): 310-316.
- Gluskin AH. Anatomy of an overfill: a reflection on the process. *Endod Topics.* 2007; 16(1): 64-81.
- Goldberg F, Spielberg C. The effect of EDTAC and the variation of its working time analyzed with scanning electron microscopy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982; 53(1): 74-77.
- Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Lin PS. The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1981; 52(2): 197-204.
- Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Lin PS. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: Part 2. *J Endod.* 1982; 8(11): 487-492.

- Goldman M, Kronman JH, Goldman LB, Clausen H, Grady J. New method of irrigation during endodontic treatment. *J Endod.* 1976; 2(9): 257-260.
- Gomes BPF, Ferraz CCR, MEV, Berber VB, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J.* 2001; 34(6): 424-428.
- Goodman A, Reader A, Beck M, Melfi R, Meyers W. An in vitro comparison of the efficacy of the stepback technique versus a step-back/ultrasonic technique in human mandibular molars. *J Endod.* 1985; 11(6): 249-256.
- Grande NM, Plotino G, Falanga A, Pomponi M, Somma F. Interaction between EDTA and sodium hypochlorite: a nuclear magnetic resonance analysis. *J Endod.* 2006; 32(5): 460-464.
- Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *Int Endod J.* 2003; 36(6): 411-417.
- Greenstein G, Berman C, Jaffin R. Chlorhexidine: An adjunct to periodontal therapy. *J Periodontol.* 1986; 57(6): 370-377.
- Griffiths BM, Stock CJ. The efficiency of irrigants in removing root canal debris when used with ultrasonic preparation technique. *Int Endod J.* 1986; 19(6): 277-284.
- Grigoratos D, Knowles J, Ng YL, Gulabivala K. Effect of exposing dentine to sodium hypochlorite and calcium hydroxide on its flexural strength and elastic modulus. *Int Endod J.* 2001; 34(2): 113-119.
- Grossman LI, Meiman BW. Solution of pulp tissue by chemical agents. *J Am Dent Assoc.* 1941; 28(2): 223-225.
- Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod.* 2009; 35(6): 791-804.
- Guerisoli DM, Marchesan MA, Walmsley AD, Lumley PJ, Pecora JD. Evaluation of smear layer removal by EDTAC and sodium hypochlorite with ultrasonic agitation. *Int Endod J.* 2002a; 35(5): 418-421.
- Guerisoli DMZ, Marchesan MA, Walmsley AD, Lumley PJ, Pecora JD. Evaluation of smear layer removal by EDTAC and sodium hypochlorite with ultrasonic agitation. *Int Endod J.* 2002b; 35(5): 418-421.
- Gulabivala K, Patel B, Evans G, Ng Y-L. Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endod Topics.* 2005; 10(1): 103-122.
- Guo X, Miao H, Li L, Zhang S, Zhou D, Lu Y, Wu L. Efficacy of four different irrigation techniques combined with 60 degrees C 3% sodium hypochlorite and 17% EDTA in smear layer removal. *BMC Oral Health.* 2014; 14: 114.
- Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod.* 2005; 31(3): 166-170.
- Gutierrez JH, Herrera VR, Berg EH, Villena F, Jofre A. The risk of intentional dissolution of the smear layer after mechanical preparation of root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1990; 70(1): 96-108.
- Gutmann JL. Adaptation of injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of the dentinal smear layer. *Int Endod J.* 1993; 26(2): 87-92.
- Haapasalo HK, Siren EK, Waltimo TM, Orstavik D, Haapasalo MP. Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study. *Int Endod J.* 2000; 33(2): 126-131.
- Haapasalo M, Orstavik D. In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *J Dent Res.* 1987; 66(8): 1375-1379.
- Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in Endodontics. *Dent Clin North Am.* 2010; 54(2): 291-312.
- Haga CS. Microscopic measurements of root canal preparations following instrumentation. *Int Endod J.* 1968; 2(3): 41-46.

- Haidet J, Reader A, Beck M, Meyers W. An in vivo comparison of the step-back technique versus a step-back/ultrasonik technique in human mandibular molars. *J Endod.* 1989; 15(5): 195-199.
- Hancock HH, 3rd, Sigurdsson A, Trope M, Moiseiwitsch J. Bacteria isolated after unsuccessful endodontic treatment in a North American population. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001; 91(5): 579-586.
- Hand RE, Smith ML, Harrison JW. Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *J Endod.* 4(2): 60-64.
- Harashima T, Takeda FH, Zhang C, Kimura Y, Matsumoto K. Effect of argon laser irradiation on instrumented root canal wall. *Dent Traumatol.* 1998; 14(1): 26-30.
- Hauser V, Braun A, Frentzen M. Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo®). *Int Endod J.* 2007; 40(8): 644-652.
- Haznedaroglu F, Ersev H. Tetracycline HCl solution as a root canal irrigant. *J Endod.* 2001; 27(12): 738-740.
- Haznedaroglu F, Ersev H. Tetracycline HCl Solution as a Root Canal Irrigant. *J Endod.* 27(12): 738-740.
- Heling I, Rotstein I, Dinur T, Szewc-Levine Y, Steinberg D. Bactericidal and cytotoxic effects of sodium hypochlorite and sodium dichloroisocyanurate solutions in vitro. *J Endod.* 2001; 27(4): 278-280.
- Hennessey TD. Some antibacterial properties of chlorhexidine. *J Periodontol Res.* 1973; 8: 61-67.
- Hidalgo E, Dominguez C. Mechanisms underlying chlorhexidine-induced cytotoxicity. *Toxicology in Vitro.* 2001; 15: 271-276.
- Hjeljord LG, Rølla G, Bonesvoll P. Chlorhexidine-protein interactions. *J Periodontal Res.* 1973; 8: 11-16.
- Horiba N, Maekawa Y, Ito M, Matsumoto T, Nakamura H. A pilot study of Japanese green tea as a medicament: antibacterial and bactericidal effects. *J Endod.* 1991; 17(3): 122-124.
- Horiba N, Maekawa Y, Matsumoto T, Nakamura H. A study of the distribution of endotoxin in the dentinal wall of infected root canals. *J Endod.* 1990; 16(7): 331-334.
- Hulsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J.* 2003; 36(12): 810-830.
- Hulsmann M, Rummelin C, Schafers F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endod.* 1997; 23(5): 301-306.
- Huque, Kota, Yamaga, Iwaku, Hoshino. Bacterial eradication from root dentine by ultrasonik irrigation with sodium hypochlorite. *Int Endod J.* 1998; 31(4): 242-250.
- Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation – literature review and case reports. *Int Endod J.* 2000; 33(3): 186-193.
- Hülsmann M, Peters OA, Dummer PM. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Topics.* 2005; 10(1): 30-76.
- Jagetia GC, Baliga MS, Malagi KJ, Sethukumar Kamath M. The evaluation of the radioprotective effect of Triphala (an ayurvedic rejuvenating drug) in the mice exposed to γ -radiation. *Phytomedicine.* 2002; 9(2): 99-108.
- Jeansonne MJ, White RR. A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *J Endod.* 1994; 20(6): 276-278.
- Jensen SA, Walker TL, Hutter JW, Nicoll BK. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonik activation and passive ultrasonik activation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod.* 1999; 25(11): 735-738.
- Kahn FH, Rosenberg PA, Gliksberg J. An in vitro evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonik and subsonik handpieces and irrigating needles and probes. *J Endod.* 1995; 21(5): 277-280.

- Takehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1965; 20(3): 340-349.
- Kanter V, Weldon E, Nair U, Varella C, Kanter K, Anusavice K, Pileggi R. A quantitative and qualitative analysis of ultrasonic versus sonic endodontic systems on canal cleanliness and obturation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011; 112(6): 809-813.
- Kara Tuncer A, Tuncer S, Siso SH. Effect of QMix irrigant on the microhardness of root canal dentine. *Aust Dent J.* 2015; 60(2): 163-168.
- Kaufman AY, Greenberg I. Comparative study of the configuration and the cleanliness level of root canals prepared with the aid of sodium hypochlorite and bis-dequalinium-acetate solutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1986; 62(2): 191-197.
- Keir DM, Senia ES, Montgomery S. Effectiveness of a brush in removing postinstrumentation canal debris. *J Endod.* 1990; 16(7): 323-327.
- Kennedy WA, Walker WA, 3rd, Gough RW. Smear layer removal effects on apical leakage. *J Endod.* 1986; 12(1): 21-27.
- Kimura Y, Yonaga K, Yokoyama K, Kinoshita J-i, Ogata Y, Matsumoto K. Root surface temperature increase during Er:YAG laser irradiation of root canals. *J Endod.* 2002; 28(2): 76-78.
- Kinney JH, Balooch M, Marshall SJ, Marshall GW, Jr., Weihs TP. Atomic force microscope measurements of the hardness and elasticity of peritubular and intertubular human dentin. *J Biomech Eng.* 1996; 118(1): 133-135.
- Klyn SL, Kirkpatrick TC, Rutledge RE. In vitro comparisons of debris removal of the EndoActivator system, the F file, ultrasonik irrigation, and NaOCl irrigation alone after hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod.* 2010a; 36(8): 1367-1371.
- Klyn SL, Kirkpatrick TC, Rutledge RE. In vitro comparisons of debris removal of the EndoActivator TM system, the F File TM, ultrasonic irrigation, and NaOCl irrigation alone after hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod.* 2010b; 36(8): 1367-1371.
- Komorowski R, Grad H, Yu Wu X, Friedman S. Antimicrobial substantivity of chlorhexidine-treated bovine root dentin. *J Endod.* 2000; 26(6): 315-317.
- Koskinen KP, Meurman JH, Stenvall H. Appearance of chemically treated root canal walls in the scanning electron microscope. *Scand J Dent Res.* 1980; 88(6): 505-512.
- Kouvas V, Liolios E, Vassiliadis L, Parissis-Messimeris S, Boutsoukis A. Influence of smear layer on depth of penetration of three endodontic sealers: an SEM study. *Endod Dent Traumatol.* 1998; 14(4): 191-195.
- Krause TA, Liewehr FR, Hahn CL. The antimicrobial effect of MTAD, sodium hypochlorite, doxycycline, and citric acid on *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 33(1): 28-30.
- Kuah HG, Lui JN, Tseng PS, Chen NN. The effect of EDTA with and without ultrasoniks on removal of the smear layer. *J Endod.* 2009; 35(3): 393-396.
- Kuhn K, Rudolph H, Luthardt RG, Stock K, Diebolder R, Hibst R. Er:YAG laser activation of sodium hypochlorite for root canal soft tissue dissolution. *Lasers Surg Med.* 2013; 45(5): 339-344.
- Kumar VR, Bahuguna N, Manan R. Comparison of efficacy of various root canal irrigation systems in removal of smear layer generated at apical third: An SEM study. *J Conserv Dent.* 2015; 18(3): 252-256.
- Kuruvilla JR, Kamath MP. Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. *Journal of Endodontics.* 1998; 24(7): 472-476.
- Leal F, Simao RA, Fidel SR, Fidel RA, do Prado M. Effect of final irrigation protocols on push-out bond strength of an epoxy resin root canal sealer to dentin. *Aust Endod J.* 2015.
- Lee RE. Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis, PTR Prentice Hall. 1993.

- Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasoniks to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J.* 2004a; 37(10): 672-678.
- Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *Int Endod J.* 2004b; 37(9): 607-612.
- Leonardo MR, Filho MT, Silva LB, Filho PN, Bonifácio KC, Ito IY. In vivo antimicrobial activity of 2% chlorhexidine used as a root canal irrigating solution. *J Endod.* 1999; 25(3): 167-171.
- Lertchirakarn V, Palamara JEA, Messer HH. Patterns of vertical root fracture: factors affecting stress distribution in the root canal. *J Endod.* 2003; 29(8): 523-528.
- Lester KS, Boyde A. Scanning electron microscopy of instrumented, irrigated and filled root canals. *Br Dent J.* 1977; 143(11): 359-367.
- Lev R, Reader A, Beck M, Meyers W. An in vitro comparison of the step-back technique versus a step-back/ultrasonik technique for 1 and 3 minutes. *J Endod.* 1987; 13(11): 523-530.
- Lima KC, Fava LRG, Siqueira JF. Susceptibilities of *Enterococcus faecalis* biofilms to some antimicrobial medications. *J Endod.* 2001; 27(10): 616-619.
- Lindskog S, Piercs A, Blomiöf L. Chlorhexidine as a root canal medicament for treating inflammatory lesions in the periodontal space. *Dent Traumatol.* 1998; 14(4): 186-190.
- Loel DA. Use of acid cleanser in endodontic therapy. *J Am Dent Assoc.* 1975; 90(1): 148-151.
- Lotfi M, Vosoughhosseini S, Saghiri MA, Zand V, Ranjkesh B, Ghasemi N. Effect of MTAD as a final rinse on removal of smear layer in ten-minute preparation time. *J Endod.* 2012; 38(10): 1391-1394.
- Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M. Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *Int Endod J.* 2009; 42(4): 335-343.
- Love RM, Chandler NP, Jenkinson HF. Penetration of smeared or nonsmeared dentine by *Streptococcus gordonii*. *Int Endod J.* 1996; 29(1): 2-12.
- Löe H. Does Chlorhexidine have a place in the prophylaxis of dental diseases? *J Periodontal Res.* 1973; 8: 93-99.
- Löe H, Rindom Schiött C. The effect of mouthrinses and topical application of chlorhexidine on the development of dental plaque and gingivitis in man. *J Periodontal Res.* 1970; 5(2): 79-83.
- Lui J-N, Kuah H-G, Chen NN. Effect of EDTA with and without Surfactants or Ultrasoniks on Removal of Smear Layer. *J Endod.* 2007a; 33(4): 472-475.
- Lui JN, Kuah HG, Chen NN. Effect of EDTA with and without surfactants or ultrasoniks on removal of smear layer. *J Endod.* 2007b; 33(4): 472-475.
- Lumley PJ, Walmsley AD, Walton RE, Rippin JW. Effect of precurving endosonik files on the amount of debris and smear layer remaining in curved root canals. *J Endod.* 1992; 18(12): 616-619.
- Lumley PJ, Walmsley AD, Walton RE, Rippin JW. Cleaning of oval canals using ultrasonik or sonik instrumentation. *Journal of Endodontics.* 1993; 19(9): 453-457.
- Ma J, Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. A new noninvasive model to study the effectiveness of dentin disinfection by using confocal laser scanning microscopy. *J Endod.* 2011; 37(10): 1380-1385.
- Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod.* 1984; 10(10): 477-483.
- Madison S, Krell KV. Comparison of ethylenediamine tetraacetic acid and sodium hypochlorite on the apical seal of endodontically treated teeth. *J Endod.* 1984; 10(10): 499-503.
- Mancini M, Cerroni L, Iorio L, Armellini E, Conte G, Cianconi L. Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonik irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. *J Endod.* 2013; 39(11): 1456-1460.

- Manzur A, González AM, Pozos A, Silva-Herzog D, Friedman S. Bacterial quantification in teeth with apical periodontitis related to instrumentation and different intracanal medications: a randomized clinical trial. *J Endod.* 2007; 33(2): 114-118.
- Marending M, Paque F, Fischer J, Zehnder M. Impact of irrigant sequence on mechanical properties of human root dentin. *J Endod.* 2007; 33(11): 1325-1328.
- Marshall GW, Habelitz S, Gallagher R, Balooch M, Balooch G, Marshall SJ. Nanomechanical properties of hydrated carious human dentin. *J Dent Res.* 2001; 80(8): 1768-1771.
- Martin H, Cunningham WT, Norris JP, Cotton WR. Ultrasonic versus hand filing of dentin: A quantitative study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1980; 49(1): 79-81.
- Mayer BE, Peters OA, Barbakow F. Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J.* 2002; 35(7): 582-589.
- McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod.* 1975; 1(7): 238-242.
- McComb D, Smith DC, Beagrie GS. The results of in vivo endodontic chemomechanical instrumentation--a scanning electron microscopic study. *J Br Endod Soc.* 1976; 9(1): 11-18.
- McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model. *Int Endod J.* 2008a; 41(7): 602-608.
- McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model. *Int Endod J.* 2008b; 41(7): 602-608.
- Menezes AC, Zanet CG, Valera MC. Smear layer removal capacity of disinfectant solutions used with and without EDTA for the irrigation of canals: a SEM study. *Pesq Odontol Brasil.* 2003; 17(4): 349-355.
- Meryon SD, Brook AM. Penetration of dentine by three oral bacteria in vitro and their associated cytotoxicity. *Int Endod J.* 1990; 23(4): 196-202.
- Meryon SD, Tobias RS, Jakeman KJ. Smear removal agents: a quantitative study in vivo and in vitro. *J Prosthet Dent.* 1987; 57(2): 174-179.
- Metzler RS, Montgomery S. The effectiveness of ultrasoniks and calcium hydroxide for the debridement of human mandibular molars. *J Endod.* 1989; 15(8): 373-378.
- Micheli VJ, Schuster GS, Pashley DH. Bacterial penetration of human dentin in vitro. *J Dent Res.* 1980; 59(8): 1398-1403.
- Migun NP, Shnip AI. Model of film flow in a dead-end conic capillary. *J Engineer Physics Thermophysics.* 2002; 75(6): 1422-1428.
- Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *Int Dent J.* 2008; 58(6): 329-341.
- Mohammadi Z, Abbott PV. Antimicrobial substantivity of root canal irrigants and medicaments: a review. *Aus Endod J.* 2009; 35(3): 131-139.
- Mohammadi Z, Khademi A, Davari A. Evaluation of the antibacterial substantivity of three concentrations of chlorhexidine in bovine root dentine. *Iran Endod J.* 2008; 2: 113-125.
- Mohammadzadeh N, Rahimifard N, Moshari A, Vatanpour M, Darmiani S. The effect of size and taper of apical preparation in reducing intra-canal bacteria: A quantitative SEM study. *Iran Endod J.* 2014; 9(1): 61-65.
- Moodnik RM, Dorn SO, Feldman MJ, Levey M, Borden BG. Efficacy of biomechanical instrumentation: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 1976; 2(9): 261-266.
- Moorer WR, Wesselink PR. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J.* 1982a; 15(4): 187-196.
- Moorer WR, Wesselink PR. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J.* 1982b; 15(4): 187-196.
- Morgan LA, Baumgartner JC. Demineralization of resected root-ends with methylene blue dye. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1997; 84(1): 74-78.

- Morgental RD, Singh A, Sappal H, Kopper PM, Vier-Pelisser FV, Peters OA. Dentin inhibits the antibacterial effect of new and conventional endodontic irrigants. *J Endod.* 2013; 39(3): 406-410.
- Moshonov J, Sion A, Kasirer J, Rotstein I, Stabholz A. Efficacy of argon laser irradiation in removing intracanal debris. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995; 79(2): 221-225.
- Mozayeni MA, Javaheri GH, Poorroosta P, Ashari MA, Javaheri HH. Effect of 17% EDTA and MTAD on intracanal smear layer removal: a scanning electron microscopic study. *Aust Endod J.* 2009; 35(1): 13-17.
- Mozo S, Llena C, Chieffi N, Forner L, Ferrari M. Effectiveness of passive ultrasonic irrigation in improving elimination of smear layer and opening dentinal tubules. *J Clin Exp Dent.* 2014; 6(1): e47-52.
- Mozo S, Llena C, Forner L. Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions. *Med Oral Patol Oral y Cir Bucal.* 2012; 17(3): e512-e516.
- Munley PJ, Goodell GG. Comparison of passive ultrasonic debridement between fluted and nonfluted instruments in root canals. *J Endod.* 2007; 33(5): 578-580.
- Munoz HR, Camacho-Cuadra K. In vivo efficacy of three different endodontic irrigation systems for irrigant delivery to working length of mesial canals of mandibular molars. *J Endod.* 2012; 38(4): 445-448.
- Naenni N, Thoma K, Zehnder M. Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *J Endod.* 2004; 30(11): 785-787.
- Nair PNR, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005; 99(2): 231-252.
- Nielsen BA, Baumgartner J. Comparison of the EndoVac System to Needle Irrigation of Root Canals. *J Endod.* 2007; 33(5): 611-615.
- Niu LN, Luo XJ, Li GH, Bortoluzzi EA, Mao J, Chen JH, Gutmann JL, Pashley DH, Tay FR. Effects of different sonic activation protocols on debridement efficacy in teeth with single-rooted canals. *J Dent.* 2014; 42(8): 1001-1009.
- Nusstein J. Ultrasonic dental device, Google Patents. 2005
- O'Connell MS, Morgan LA, Beeler WJ, Baumgartner JC. A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *J Endod.* 2000; 26(12): 739-743.
- Okano M, Nomura M, Hata S. Anaphylactic symptoms due to chlorhexidine gluconate. *Arch Dermatol.* 1989; 125(1): 50-52.
- Olgart L, Brannstrom M, Johnson G. Invasion of bacteria into dentinal tubules. Experiments in vivo and in vitro. *Acta Odontol Scand.* 1974; 32(1): 61-70.
- Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Garcia RB, de Andrade FB, Bernardineli N, de Moraes IG, Duarte MA. The antimicrobial effect of new and conventional endodontic irrigants on intra-orally infected dentin. *Acta Odontol Scand.* 2013; 71(3-4): 424-431.
- Önal B, Ertl T, Siebert G, Müller G. Preliminary report on the application of pulsed CO2 laser radiation on root canals with AgCl fibers: A scanning and transmission electron microscopic study. *J Endod.* 1993; 19(6): 272-276.
- Önçağ Ö, Hoşgör M, Hilmioğlu S, Zekioglu O, Eronat C, Burhanoglu D. Comparison of antibacterial and toxic effects of various root canal irrigants. *Int Endod J.* 2003; 36(6): 423-432.
- Pallares A, Faus V, Glickman GN. The adaptation of mechanically softened gutta-percha to the canal walls in the presence or absence of smear layer: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J.* 1995; 28(5): 266-269.
- Pappen FG, Shen Y, Qian W, Leonardo MR, Giardino L, Haapasalo M. In vitro antibacterial action of Tetraclean, MTAD and five experimental irrigation solutions. *Int Endod J.* 2010; 43(6): 528-535.

- Paqué F, Balmer M, Attin T, Peters OA. Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: A micro-computed tomography study. *J Endod.* 2010; 36(4): 703-707.
- Paque F, Boessler C, Zehnder M. Accumulated hard tissue debris levels in mesial roots of mandibular molars after sequential irrigation steps. *Int Endod J.* 2011; 44(2): 148-153.
- Paque F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M. Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *J Endod.* 2009; 35(7): 1044-1047.
- Paquette L, Legner M, Fillery ED, Friedman S. Antibacterial efficacy of chlorhexidine gluconate intracanal medication in vivo. *J Endod.* 2007; 33(7): 788-795.
- Paranjpe A, de Gregorio C, Gonzalez AM, Gomez A, Silva Herzog D, Pina AA, Cohenca N. Efficacy of the self-adjusting file system on cleaning and shaping oval canals: a microbiological and microscopic evaluation. *J Endod.* 2012; 38(2): 226-231.
- Park E, Shen Y, Haapasalo M. Irrigation of the apical root canal. *Endod Topics.* 2012; 27(1): 54-73.
- Pashley DH. Smear layer: physiological considerations. *Oper Dent Suppl.* 1984; 3: 13-29.
- Pashley DH. Smear layer: overview of structure and function. *Proc Finn Dent Soc.* 1992; 88 Suppl 1: 215-224.
- Pashley DH, Michelich V, Kehl T. Dentin permeability: effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent.* 1981; 46(5): 531-537.
- Pasricha SK, Makkar S, Gupta P. Pressure alteration techniques in endodontics- a review of literature. *J Clin Diagn Res.* 2015; 9(3): Ze01-06.
- Passarinho-Neto JG, Marchesan MA, Ferreira RB, Silva RG, Silva-Sousa YTC, Sousa-Neto MD. In vitro evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonik irrigation. *Australian Endodontic Journal.* 2006; 32(3): 123-128.
- Patterson SS. In vivo and in vitro studies of the effect of the disodium salt of ethylenediamine tetra-acetate on human dentine and its endodontic implications. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1963; 16: 83-103.
- Perez F, Calas P, Rochd T. Effect of dentin treatment on in vitro root tubule bacterial invasion. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1996; 82(4): 446-451.
- Pesse AV, Warriar GR, Dhir VK. An experimental study of the gas entrapment process in closed-end microchannels. *Int J Heat Mass Transfer.* 2005; 48(25-26): 5150-5165.
- Peters ML, Starling SP, Barnes-Eley ML, Heisler KW. The presence of bruising associated with fractures. *Arch Pediatr Adolescent Med.* 2008; 162(9): 877-881.
- Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004; 30(8): 559-567.
- Peters OA, Barbakow F. Effects of irrigation on debris and smear layer on canal walls prepared by two rotary techniques: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2000; 26(1): 6-10.
- Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: assessment of torque and force in relation to canal anatomy. *Int Endod J.* 2003; 36(2): 93-99.
- Pitt WG. Removal of oral biofilm by sonic phenomena. *Am J Dent.* 2005; 18(5): 345-352.
- Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *J Endod.* 2007; 33(2): 81-95.
- Portenier I, Haapasalo H, Orstavik D, Yamauchi M, Haapasalo M. Inactivation of the antibacterial activity of iodine potassium iodide and chlorhexidine digluconate against *Enterococcus faecalis* by dentin, dentin matrix, type-I collagen, and heat-killed microbial whole cells. *J Endod.* 2002; 28(9): 634-637.
- Portenier I, Waltimo T, Ørstavik D, Haapasalo M. Killing of *Enterococcus faecalis* by MTAD and Chlorhexidine Digluconate with or without Cetrimide in the Presence or Absence of Dentine Powder or BSA. *J Endod.* 32(2): 138-141.

- Portenier I, Waltimo T, Ørstavik D, Haapasalo M. The susceptibility of starved, stationary phase, and growing cells of *Enterococcus faecalis* to endodontic medicaments. J Endod. 2005; 31(5): 380-386.
- Prabhakar J, Senthilkumar M, Priya MS, Mahalakshmi K, Sehgal PK, Sukumaran VG. Evaluation of Antimicrobial Efficacy of Herbal Alternatives (Triphala and Green Tea Polyphenols), MTAD, and 5% Sodium Hypochlorite against *Enterococcus faecalis* Biofilm Formed on Tooth Substrate: An In Vitro Study. J Endod. 36(1): 83-86.
- Prati C, Selighini M, Ferrieri P, Mongiorgi R. Scanning electron microscopic evaluation of different endodontic procedures on dentin morphology of human teeth. J Endod. 1994; 20(4): 174-179.
- Qian W, Shen Y, Haapasalo M. Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. J Endod. 2011; 37(10): 1437-1441.
- Radcliffe CE, Potouridou L, Qureshi R, Hababeh N, Qualtrough A, Worthington H, Drucker DB. Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. Int Endod J. 2004; 37(7): 438-446.
- Ram Z. Effectiveness of root canal irrigation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1977; 44(2): 306-312.
- Rasimick BJ, Nekich M, Hladek MM, Musikant BL, Deutsch AS. Interaction between chlorhexidine digluconate and EDTA. J Endod. 2008; 34(12): 1521-1523.
- Reis C, De-Deus G, Leal F, Azevedo E, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Strong effect on dentin after the use of high concentrations of citric acid: an assessment with co-site optical microscopy and ESEM. Dent Mater. 2008; 24(12): 1608-1615.
- Richman MJ. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. J Dent Med. 1957; 12(1): 12-18.
- Ricucci D, Siqueira JF. Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. J Endod. 2010a; 36(8): 1277-1288.
- Ricucci D, Siqueira JF. Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. J Endod. 2010b; 36(1): 1-15.
- Ringel AM, Patterson SS, Newton CW, Miller CH, Mulhern JM. In vivo evaluation of chlorhexidine gluconate solution and sodium hypochlorite solution as root canal irrigants. J Endod. 1982; 8(5): 200-204.
- Rôças IN, Siqueira JF. Comparison of the in vivo antimicrobial effectiveness of sodium hypochlorite and chlorhexidine used as root canal irrigants: a molecular microbiology study. J Endod. 2011; 37(2): 143-150.
- Rodig T, Dollmann S, Konietschke F, Drebenstedt S, Hulsmann M. Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. J Endod. 2010a; 36(12): 1983-1987.
- Rodig T, Sedghi M, Konietschke F, Lange K, Ziebolz D, Hulsmann M. Efficacy of syringe irrigation, RinsEndo and passive ultrasonic irrigation in removing debris from irregularities in root canals with different apical sizes. Int Endod J. 2010b; 43(7): 581-589.
- Ruddle CJ. Cleaning and shaping the root canal system. Pathways of the Pulp. 2002.
- Ruddle CJ. Endodontic Disinfection. Endod Practice. 2008.
- Ruff ML, McClanahan SB, Babel BS. In vitro antifungal efficacy of four irrigants as a final rinse. J Endod. 2006; 32(4): 331-333.
- Sabbak SA, Hassanin MB. A scanning electron microscopic study of tooth surface changes induced by tannic acid. J Prosthet Dent. 1998; 79(2): 169-174.
- Saber Sel D, Hashem AA. Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. J Endod. 2011; 37(9): 1272-1275.
- Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW. A Comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. J Endod. 2003; 29(10): 674-678.

- Safavi KE, Spangberg LS, Costa NS, Jr., Sapounas G. An in vitro method for longitudinal evaluation of toxicity of endodontic sealers. *J Endod.* 1989; 15(10): 484-486.
- Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Orstavik D. Bacterial penetration along different root canal filling materials in the presence or absence of smear layer. *Int Endod J.* 2008; 41(1): 32-40.
- Salzgeber RM, Brilliant JD. An in vivo evaluation of the penetration of an irrigating solution in root canals. *J Endod.* 1977; 3(10): 394-398.
- Saunders WP, Saunders EM. The effect of smear layer upon the coronal leakage of gutta-percha fillings and a glass ionomer sealer. *Int Endod J.* 1992; 25(5): 245-249.
- Sayin TC, Cehreli ZC, Deniz D, Akcay A, Tuncel B, Dagli F, Gozukara H, Kalayci S. Time-dependent decalcifying effects of endodontic irrigants with antibacterial properties. *J Endod.* 2009; 35(2): 280-283.
- Schäfer E. Shaping ability of Hero 642 rotary nickel-titanium instruments and stainless steel hand K-Flexofiles in simulated curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol and Endod.* 2001; 92(2): 215-220.
- Schäfer E, Lohmann D. Efficiency of rotary nickel–titanium FlexMaster instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile – Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J.* 2002; 35(6): 505-513.
- Schafer E, Zapke K. A comparative scanning electron microscopic investigation of the efficacy of manual and automated instrumentation of root canals. *J Endod.* 2000; 26(11): 660-664.
- Schmidt TF, Teixeira CS, Felipe MC, Felipe WT, Pashley DH, Bortoluzzi EA. Effect of ultrasonic activation of irrigants on smear layer removal. *J Endod.* 2015; 41(8): 1359-1363.
- Schoeffel GJ. The EndoVac method of endodontic irrigation, part 2--efficacy. *Dentist Today.* 2008; 27(1): 82, 84, 86.
- Sedgley C, Applegate B, Nagel A, Hall D. Real-time imaging and quantification of bioluminescent bacteria in root canals in vitro. *J Endod.* 2004; 30(12): 893-898.
- Sedgley CM, Nagel AC, Hall D, Applegate B. Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. *Int Endod J.* 2005a; 38(2): 97-104.
- Sedgley CM, Nagel AC, Hall D, Applegate B. Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. *Int Endod J.* 2005b; 38(2): 97-104.
- Seidberg BH, Schilder H. An evaluation of EDTA in endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1974; 37(4): 609-620.
- Sen BH, Piskin B, Demirci T. Observation of bacteria and fungi in infected root canals and dentinal tubules by SEM. *Endod Dent Traumatol.* 1995; 11(1): 6-9.
- Sen BH, Safavi KE, Spangberg LS. Antifungal effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine in root canals. *J Endod.* 1999; 25(4): 235-238.
- Senia ES, Marshall FJ, Rosen S. The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971a; 31(1): 96-103.
- Senia ES, Marshall FJ, Rosen S. The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971b; 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 Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol and Endodontol.* 2003; 96(5): 614-617.
- Shabahang S, Pouresmail M, Torabinejad M. In vitro antimicrobial efficacy of MTAD and sodium hypochlorite. *J Endod.* 29(7): 450-452.
- Shabahang S, Torabinejad M. Effect of MTAD on *Enterococcus faecalis*-contaminated root canals of extracted human teeth. *J Endod.* 29(9): 576-579.

- Shahravan A, Haghdoost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *J Endod.* 2007; 33(2): 96-105.
- Shuping GB, Ørstavik D, Sigurdsson A, Trope M. Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. *J Endod.* 2000; 26(12): 751-755.
- Silikas N, Watts DC, England KE, Jandt KD. Surface fine structure of treated dentine investigated with tapping mode atomic force microscopy (TMAFM). *J Dent.* 1999; 27(2): 137-144.
- Siqueira Jr., Batista MM, Fraga RC, de Uzeda M. Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. *J Endod.* 1998; 24(6): 414-416.
- Siqueira JF, Lima KC, Magalhães FA, Lopes HP, de Uzeda M. Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *J Endod.* 1999; 25(5): 332-335.
- Siqueira JF, Paiva SSM, Rôças IN. Reduction in the Cultivable Bacterial Populations in Infected Root Canals by a Chlorhexidine-based Antimicrobial Protocol. *Journal of Endodontics.* 2007; 33(5): 541-547.
- Siqueira Jr JF, Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod.* 2008; 34(11): 1291-1293.
- Siqueira Jr JF, Rôças IN, Favieri A, Lima KC. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod.* 2000; 26(6): 331-334.
- Sirén EK, Haapasalo MPP, Waltimo TMT, Ørstavik D. In vitro antibacterial effect of calcium hydroxide combined with chlorhexidine or iodine potassium iodide on *Enterococcus faecalis*. *Eur J Oral Sci.* 2004; 112(4): 326-331.
- Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod.* 2005; 31(9): 669-671.
- Sjogren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J.* 1997; 30(5): 297-306.
- Sjögren U, Hägglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod.* 1990; 16(10): 498-504.
- Skidmore AE, Bjorndal AM. Root canal morphology of the human mandibular first molar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971; 32(5): 778-784.
- Southard SR, Drisko CL, Killoy WJ, Cobb CM, Tira DE. The effect of 2% chlorhexidine digluconate irrigation on clinical parameters and the level of *Bacteroides gingivalis* in periodontal pockets. *J Periodontol.* 1989; 60(6): 302-309.
- Spoleti P, Siragusa M, Spoleti MJ. Bacteriological evaluation of passive ultrasonic activation. *J Endod.* 2003; 29(1): 12-14.
- Stabholz A, Neev J, Liaw LH, Stabholz A, Khayat A, Torabinejad M. Effect of ArF-193 nm excimer laser on human dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1993; 75(1): 90-94.
- Stamos DE, Sadeghi EM, Haasch GC, Gerstein H. An in vitro comparison study to quantitate the debridement ability of hand, sonic, and ultrasonic instrumentation. *J Endod.* 1987; 13(9): 434-440.
- Stewart GG, Kapsimalas P, Rappaport H. EDTA and urea peroxide for root canal preparation. *J Am Dent Assoc.* 1969; 78(2): 335-338.
- Stojicic S, Shen Y, Qian W, Johnson B, Haapasalo M. Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX. *Int Endod J.* 2012; 45(4): 363-371.
- Tabrizzadeh M, Shareghi A. The Effect of preparation size on efficacy of smear layer removal; a scanning electron microscopic study. *Iran Endod J.* 2015; 10(3): 169-173.

- Taha NA, Ozawa T, Messer HH. Comparison of three techniques for preparing oval-shaped root canals. *J Endod.* 2010; 36(3): 532-535.
- 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.* 1998a; 16(2): 117-122.
- Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. Efficacy of Er:YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. *J Endod.* 1998b; 24(8): 548-551.
- Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *Int Endod J.* 1999; 32(1): 32-39.
- Tambe VH, Vishwas J, Ghonmode WN, Nagmode P, Agrawal GP, Balsaraf O. Scanning electron microscopic analysis to compare the cleaning efficiency of three different irrigation systems at different root canal levels: an in vitro study. *J Contemp Dent Pract.* 2014; 15(4): 433-437.
- Taneja S, Kumari M, Anand S. Effect of QMix, peracetic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on calcium loss and microhardness of root dentine. *J Conserv Dent.* 2014; 17(2): 155-158.
- Tay FR, Hosoya Y, Loushine RJ, Pashley DH, Weller RN, Low DY. Ultrastructure of Intraradicular Dentin After Irrigation with BioPure MTAD. II. The Consequence of Obturation with an Epoxy Resin-Based Sealer. *J Endod.* 32(5): 473-477.
- Tay FR, Pashley DH, Loushine RJ, Doyle MD, Gillespie WT, Weller RN, King NM. Ultrastructure of smear layer-covered intraradicular dentin after irrigation with BioPure MTAD. *J Endod.* 2006a; 32(3): 218-221.
- Tay FR, Pashley DH, Loushine RJ, Doyle MD, Gillespie WT, Weller RN, King NM. Ultrastructure of smear layer-covered intraradicular dentin after irrigation with BioPure MTAD. *J Endod.* 2006b; 32(3): 218-221.
- Tewfik HM, Pashley DH, Horner JA, Sharawy MM. Structural and functional changes in root dentin following exposure to KTP/532 laser. *J Endod.* 1993; 19(10): 492-497.
- Torabinejad M, Cho Y, Khademi AA, Bakland LK, Shabahang S. The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. *J Endod.* 2003a; 29(4): 233-239.
- Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol and Endodontology.* 2002a; 94(6): 658-666.
- Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002b; 94(6): 658-666.
- Torabinejad M, Johnson W. Irrigation solution and methods for use, Google Patents. 2002
- 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.* 2003b; 29(3): 170-175.
- Torabinejad M, Shabahang S, Aprecio RM, Kettering JD. The antimicrobial effect of MTAD: an in vitro investigation. *J Endod.* 29(6): 400-403.
- Torabinejad M, Shabahang S, Bahjri K. Effect of MTAD on postoperative discomfort: A randomized clinical trial. *J Endod.* 31(3): 171-176.
- Townsend C, Maki J. An in vitro comparison of new irrigation and agitation techniques to ultrasonik agitation in removing bacteria from a simulated root canal. *J Endod.* 2009; 35(7): 1040-1043.
- Tronstad L, Barnett F, Schwartzben L, Frasca P. Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Dent Traumatol.* 1985; 1(2): 69-76.
- Turesky S, Warner V, Lin PS, Soloway B. Prolongation of antibacterial activity of chlorhexidine adsorbed to teeth: Effect of sulfates. *J Periodontol.* 1977; 48(10): 646-649.

- Uroz-Torres D, Gonzalez-Rodriguez MP, Ferrer-Luque CM. Effectiveness of the EndoActivator system in removing the smear layer after root canal instrumentation. *J Endod.* 2010; 36(2): 308-311.
- 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.* 2007a; 40(6): 415-426.
- Van Der Sluis LM, Gambarini G, Wu MK, Wesselink PR. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonik irrigation. *Int Endod J.* 2006; 39(6): 472-476.
- Van Der Sluis LM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int End J.* 2007b; 40(6): 415-426.
- Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1984; 58(5): 589-599.
- Vianna ME, Gomes BA, Berber VB, Zaia AA, Ferraz CR, de Souza-Filho FJ. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004; 97(1): 79-84.
- Vianna ME, Horz HP, Gomes BA, Conrads G. In vivo evaluation of microbial reduction after chemo-mechanical preparation of human root canals containing necrotic pulp tissue. *Int Endod J.* 2006; 39(6): 484-492.
- Vieira AR, Siqueira JF, Ricucci D, Lopes WP. Dentinal tubule infection as the cause of recurrent disease and late endodontic treatment failure: a case report. *J Endod.* 2012; 38(2): 250-254.
- Villas-Boas MH, Bernardineli N, Cavenago BC, Marciano M, Carpio-Perochena A, de Moraes IG, Duarte MH, Bramante CM, Ordinola-Zapata R. Micro-computed tomography study of the internal anatomy of mesial root canals of mandibular molars. *J Endod.* 2011; 37(12): 1682-1686.
- Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J.* 2010; 43(1): 2-15.
- Walker TL, del Rio CE. Histological evaluation of ultrasonic and sonic instrumentation of curved root canals. *J Endod.* 1989; 15(2): 49-59.
- Walker TL, del Rio CE. Histological evaluation of ultrasonic debridement comparing sodium hypochlorite and water. *J Endod.* 1991; 17(2): 66-71.
- Walmsley AD, Lumley PJ, Laird WE. The oscillatory pattern of sonically powered endodontic files. *Int Endod J.* 1989; 22(3): 125-132.
- Walmsley AD, Murgel C, Krell KV. Canal markings produced by endosonik instruments. *Dent Traumatol.* 1991; 7(2): 84-89.
- Walmsley AD, Williams AR. Effects of constraint on the oscillatory pattern of endosonik files. *J Endod.* 1989a; 15(5): 189-194.
- Walmsley AD, Williams AR. Effects of constraint on the oscillatory pattern of endosonik files. *Journal of Endodontics.* 1989b; 15(5): 189-194.
- Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG. Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *Jo Endod.* 2002; 28(12): 837-839.
- Waltimo TMT, Ørstavik D, Sirén EK, Haapasalo MP. In vitro susceptibility of *Candida albicans* to four disinfectants and their combinations. *Int Endod J.* 1999; 32(6): 421-429.
- Walton RE. Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space. *J Endod.* 1976; 2(10): 304-311.
- Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Effectiveness of endodontic disinfecting solutions against young and old *Enterococcus faecalis* biofilms in dentin canals. *J Endod.* 2012a; 38(10): 1376-1379.
- Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Effect of smear layer against disinfection protocols on *Enterococcus faecalis*-infected dentin. *J Endod.* 2013; 39(11): 1395-1400.
- Wang Z, Shen Y, Ma J, Haapasalo M. The effect of detergents on the antibacterial activity of disinfecting solutions in dentin. *J Endod.* 2012b; 38(7): 948-953.

- Wayman BE, Kopp WM, Pinero GJ, Lazzari EP. Citric and lactic acids as root canal irrigants in vitro. *J Endod.* 1979; 5(9): 258-265.
- Weber CD, McClanahan SB, Miller GA, Diener-West M, Johnson JD. The effect of passive ultrasonic activation of 2% chlorhexidine or 5.25% sodium hypochlorite irrigant on residual antimicrobial activity in root canals. *J Endod.* 2003; 29(9): 562-564.
- Weise M, Roggendorf M, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R. Four methods for cleaning simulated lateral extensions of curved root canals: a SEM evaluation. *Int Endod J.* 2007; 40: 991-992.
- Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod.* 1980; 6(9): 740-743.
- White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *J Endod.* 1984; 10(12): 558-562.
- White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials. Part II. *J Endod.* 1987; 13(8): 369-374.
- Wiggins S, Ottino JM. Foundations of chaotic mixing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Math, Phys Engineering Sci.* 2004; 362(1818): 937-970.
- Wikesjo UM, Baker PJ, Christersson LA, Genco RJ, Lyall RM, Hic S, DiFlorio RM, Terranova VP. A biochemical approach to periodontal regeneration: tetracycline treatment conditions dentin surfaces. *J Periodontal Res.* 1986; 21(4): 322-329.
- Williams S, Goldman M. Penetrability of the smeared layer by a strain of *Proteus vulgaris*. *J Endod.* 1985; 11(9): 385-388.
- Williamson AE, Sandor AJ, Justman BC. A comparison of three nickel titanium rotary systems, EndoSequence, ProTaper universal, and profile GT, for canal-cleaning ability. *J Endod.* 2009; 35(1): 107-109.
- Winrow MJ. Metabolic studies with radiolabelled chlorhexidine in animals and man. *J Periodont Res.* 1973; 8: 45-48.
- Wollard RR, Brough SO, Maggio J, Seltzer S. Scanning electron microscopic examination of root canal filling materials. *J Endod.* 1976; 2(4): 98-110.
- Wong R. Conventional endodontic failure and retreatment. *Dent Clin North Am.* 2004; 48(1): 265-289.
- Wu MK, Wesselink PR. Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995; 79(4): 492-496.
- Wu MK, De Schwartz FC, van der Sluis LM, Wesselink PR. The quality of root fillings remaining in mandibular incisors after root-end cavity preparation. *Int End J.* 2001; 34(8): 613-619.
- Wu MK, Wesselink PR. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J.* 2001; 34(2): 137-141.
- Xu X, Zhou XD, Wu CD. Tea catechin epigallocatechin gallate inhibits *Streptococcus mutans* biofilm formation by suppressing *gtf* genes. *Arch Oral Biol.* 2012; 57(6): 678-683.
- 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.* 1983a; 9(4): 137-142.
- 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. *J Endod.* 1983b; 9(4): 137-142.
- Yamashita JC, Tanomaru Filho M, Leonardo MR, Rossi MA, Silva LB. Scanning electron microscopic study of the cleaning ability of chlorhexidine as a root-canal irrigant. *Int Endod J.* 2003; 36(6): 391-394.
- Yang SE, Bae KS. Scanning electron microscopy study of the adhesion of *Prevotella nigrescens* to the dentin of prepared root canals. *J Endod.* 2002; 28(6): 433-437.
- Yesilsoy C, Whitaker E, Cleveland D, Phillips E, Trope M. Antimicrobial and toxic effects of established and potential root canal irrigants. *J Endod.* 1995; 21(10): 513-515.

- Zamany A, Safavi K, Spångberg LSW. The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003; 96(5): 578-581.
- Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006; 32(5): 389-398.
- Zehnder M, Kosicki D, Luder H, Sener B, Waltimo T. Tissue-dissolving capacity and antibacterial effect of buffered and unbuffered hypochlorite solutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002; 94(6): 756-762.
- Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod.* 2005; 31(11): 817-820.
- Zhang W, Torabinejad M, Li Y. Evaluation of Cytotoxicity of MTAD Using the MTT-Tetrazolium Method. *J Endod.* 29(10): 654-657.
- Zou L, Shen Y, Li W, Haapasalo M. Penetration of sodium hypochlorite into dentin. *J Endod.* 2010; 36(5): 793-796.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Murat DEMİRAL

Doğum Yeri: İstanbul

Doğum Tarihi: 14/ 08/ 1980

Medeni Hali: Evli

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl): Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi 2004

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi 2012

E-posta: dt.muratdemiral@hotmail.com

EK-1

HASTA BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

ARAŞTIRMANIN ADI:

Bir araştırma çalışmasına katılmanız istenmektedir. Katılmak isteyip istemediğinize karar vermeden önce araştırmanın neden yapıldığını bilgilerinizin nasıl kullanılacağına çalışmanın neleri içerdiğini ve olası yararlarını risklerini ve rahatsızlık verebilecek konuları anlamanız önemlidir. Lütfen aşağıdaki bilgileri dikkatlice okumak için zaman ayırınız ve eğer istiyorsanız özel veya aile doktorunuzla konuyu değerlendiriniz.

BU ÇALIŞMAYA KATILMAK ZORUNDAMIYIM?

Çalışmaya katılıp katılmama kararı tamamen size aittir. Eğer çalışmaya katılmaya karar verirsiniz imzalamanız için size bu Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu verilecektir. Katılmaya karar verirsiniz, çalışmadan herhangi bir zamanda ayrılmakta özgürsünüz. Bu durum sizin aldığımız tedavinin standardını etkilemeyecektir.

GÖNÜLLÜ KATILIM

Bu araştırmaya katılma kararımı tamamen gönüllü olarak veriyorum. Bu çalışmaya katılmayı reddedebileceğim veya katıldıktan sonra istediğim zaman, bu tedavi kurumunda göreceğim bakım ve tedaviler etkilenmeksizin ve hiçbir sorumluluk almadan ayrılabilirim bilincindeyim. Çalışmadan her hangi bir zamanda ayrılırsam, ayrılma nedenlerimi, ayrılışımın sonuçlarını ve izleyen dönemde alacağım tedavileri doktorumla tartışacağım.

ARAŞTIRMA SÜRESİNCE ULAŞILABİLECEK KİŞİLER:

Çalışmaya Katılma Onayı

Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formundaki tüm açıklamaları okudum. Bana, yukarıda konusu ve amacı belirtilen araştırma ile ilgili yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen hekim tarafından yapıldı. Araştırmaya gönüllü olarak katıldığımı, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabileceğimi ve kendi isteğime bakılmaksızın araştırmacı tarafından araştırma dışı bırakılabileceğimi biliyorum.

Söz konusu araştırmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla katılmayı kabul ediyorum. Doktorum saklamam için bu belgenin bir kopyasını bana teslim etmiştir.

Gönüllünün Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

Açıklamaları Yapan Kişinin Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

Gerekliyse Olur İşlemine Tanık Olan Kişinin Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

Gerekliyse Yasal Temsilcinin Adı / Soyadı / İmzası / Tarih