



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**FARKLI ENDODONTİK İRRİGASYON
YÖNTEMLERİNİN ve Er,Cr:YSGG LAZER
SİSTEMİNİN TEMİZLEME ETKİNLİĞİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Erhan TAHAN

DOKTORA TEZİ

Doç. Dr. Tamer TAŞDEMİR
TRABZON - 2012



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**FARKLI ENDODONTİK İRRİGASYON
YÖNTEMLERİNİN ve Er,Cr:YSGG LAZER
SİSTEMİNİN TEMİZLEME ETKİNLİĞİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Erhan TAHAN

DOKTORA TEZİ

Doç. Dr. Tamer TAŞDEMİR
TRABZON - 2012

ONAY

Bu tez Yüksek Lisans/Doktora Tezi Standartlarına Uygun Bulunmuştur

Doç. Dr. Tamer TAŞDEMİR

Endodonti Anabilim Dalı Başkanı

Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Endodonti Anabilim Dalı Yüksek Lisans/Doktora öğrencisi Erhan TAHAN'ın hazırladığı 'Farklı Endodontik İrrigasyon Yöntemlerinin ve Er,Cr:YSGG Lazer Sisteminin Temizleme Etkinliğinin Karşılaştırılması' başlıklı tez KTÜ Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca kapsam ve bilimsel kalite yönünden değerlendirilerek Yüksek Lisans/Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman _____

Yüksek Lisans/Doktora Sınavı Jüri Üyeleri

.....
.....
.....
.....
.....

Tarih: .../.../201...

Bu tez KTÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .../.../... tarih ve ... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. Ahmet KALKAN

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tez çalışmasının KTÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzu standartlarına uygun olarak yazıldığını, tezin akademik ve etik kurallara bağlı kalınarak gerçekleştirilmiş özgün bir bilimsel araştırma eserim olduğunu, tezde yer alan ve bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen tüm bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve kaynakların kaynaklar listesinde yer aldığını, tezin çalışılması ve yazımı aşamalarda patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

09.11.2012

Erhan TAHAN

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması süresince yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocam ve tez danışmanım Endodonti Anabilim Dalı Başkanı Sayın Doç. Dr. Tamer TAŞDEMİR'e; tez çalışmam boyunca gereken maddi ve manevi desteği veren asistan ve yardımcı personel arkadaşlarıma; Er,Cr:YSGG lazer sistemini tahsis eden Fakülte Yönetimi'ne ve kullanmama yardım eden teknisyen Ömer Bey'e; örneklerimin görüntülenmesi ve incelenmesi aşamasında yardım eden Malzeme Bilimleri SEM cihazı teknisyeni Mustafa Bey'e; istatistiksel analiz ve yorumlar için desteğini aldığım Sayın Yrd. Doç. Dr. Mevlüt ÇELİKOĞLU'na ve tüm eğitim-öğretim hayatım boyunca her türlü destekleri için tüm aileme teşekkür ederim.

Araş. Gör. Erhan TAHAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
BOŞ SAYFA	
İÇ KAPAK	
ONAY	
BEYAN	
TEŞEKKÜR	
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER, KISALTMALAR VE FORMÜLLER DİZİNİ	viii
1. ÖZET	1
2. SUMMARY	2
3. GİRİŞ VE AMAÇ	3
4. GENEL BİLGİLER	6
4.1. Debris	7
4.2. Smear Tabakası	7
4.3 Kök Kanallarının İrrigasyon Solüsyonları İle Yıkanması	8
4.4 Kök Kanal Tedavisinde Sıklıkla Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları	9
4.4.1 Serum Fizyolojik	10
4.4.2 Hidrojen Peroksit	10
4.4.3 Sodyum Hipoklorit	10
4.4.4 Klorheksidin	13
4.4.5 Asitler	14
4.4.6 Tetrasiklinler	14
4.4.7 Diğerleri	14
4.4.8 Şelasyon Ajanları	16
4.5 İrrigasyon Etkinliğini Artırmak İçin Kullanılan Güncel Teknik ve Cihazlar	17
4.6 İğne veya Kanüllerle Yapılan Geleneksel Şırınga İrrigasyonu Yöntemi	18
4.7 Ultrasonik İrrigasyon Yöntemi	22
4.8 Lazer Sistemleri	24
4.9 Apikal Negatif Basıncı İrrigasyon Yöntemi (EndoVac Sistem)	25
5. GEREÇ VE YÖNTEM	30
5.1 Örnek Seçimi ve Hazırlanması	30

5.2 Kök Kanal Preparasyonu	30
5.3 Final İrrigasyonu	32
5.4 Örneklerin Taramalı Elektron Mikroskop İncelemesi İçin Hazırlanması	36
5.5 Görüntülerin Değerlendirilmesi	40
5.6 İstatistiksel Değerlendirme	41
6. BULGULAR	42
6.1 Debris Uzaklaştırma	42
6.2 Smear Tabakasının Kaldırılması	54
7. TARTIŞMA VE SONUÇ	70
7.1 Sonuç ve Öneriler	84
8. KAYNAKLAR	85
9. ÖZGEÇMİŞ	110

KISALTMA, SİMGE ve FORMÜLLER DİZİNİ

Kısaltmalar

DK	Dakika
EDTA	Etilen diamin tetraasetik asit
EGTA	Etilen glikol bis N,N,N',N'-tetraasetik asit
Er,Cr:YSGG	Erbium chromium yttrium scandium gallium garnet
Er:YAG	Erbium yttrium aluminum garnet
HMDS	Hekzametildisilazan
MDT	Master delivery tip
PKA	Parakloranilin
PUI	Pasif ultrasonik irrigasyon
SEM	Scanning electron microscope (taramalı elektron mikroskop)
SN	Saniye

Simgeler

A°	Angström
cm	Santimetre
°C	Santigrat derece
Hz	Hertz
kHz	Kilohertz
K_w	Kappa katsayısı
mL	Mililitre
mm	Milimetre
nm	Nanometre
µm	Mikro metre (10 ⁻⁶ m)
pH	Power of hydrogen (hidrojenin gücü)
W	Watt
%	Yüzde
#	Numara
±	Artı eksi

Formüller

ClO	Klorin dioksit
Cl	Klor

e⁻	Elektron
H	Hidrojen
HCl	Hidroklorür
HOCl	Hipokloröz asit
H₂O	Hidrojen dioksit
NaOCl	Sodyum hipoklorit
NaCl	Sodyum klorit
OCl	Hipoklorit

ÖZET

Farklı Endodontik İrrigasyon Yöntemlerinin ve Er,Cr:YSGG Lazer Sisteminin Temizleme Etkinliğinin Karşılaştırılması

Bu in vitro çalışmanın amacı, farklı endodontik irrigasyon yöntemleri ve Er,Cr:YSGG lazer sistemi kullanımı sonrasında kök kanal duvarlarından debris ve smear tabakası uzaklaştırılmasını SEM kullanarak değerlendirmektir. Ortodontik nedenlerle çekilmiş 60 adet insan kanin dişi kemomekanik preparasyon sonrasında final irrigasyon/ajitasyon protokollerine göre dört farklı deney grubuna ayrıldı (n = 15). Uç kısmı kapalı yan tarafı açık endodontik iğne ile uygulanan geleneksel şırınga irrigasyonu (grup 1), pasif ultrasonik irrigasyon (grup 2), Er,Cr:YSGG lazer sistemle aktive edilen irrigasyon (grup 3) ve apikal negatif basınç irrigasyonu (EndoVac sistem) (grup 4) yöntemlerinden her biri toplam 6 dakika (3 dk aktif irrigasyon ve ilave 3 dk pasif irrigasyon) boyunca final irrigasyonda kullanıldı. İrrigasyon solüsyonu olarak %2.5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA kombinasyonu kullanıldı. Kökler uzunlamasına ikiye ayrıldı ve SEM'de x1000 büyütme altında her bir kanal üçlü bölgesindeki debris ve smear tabakasının her biri için ayrı ayrı skorlama yapıldı. Veriler, Kruskal-Wallis ve Mann-Whitney U testleri kullanılarak istatistiksel olarak analiz edildi ($\alpha = 0.05$). Bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre, geleneksel şırınga irrigasyonu ve Er,Cr:YSGG lazer sistem kök kanalları içerisinde diğer iki yöntemle göre daha fazla debris bırakmıştır ($p < 0.05$). Debris uzaklaştırma bakımından PUİ ve EndoVac en etkili yöntemlerdi ($p < 0.05$). İrrigasyon/ajitasyon protokollerinin hiçbirisi kök kanal duvarlarından smear tabakasını tamamen uzaklaştıramamakla birlikte, EndoVac sistem ve onu takip eden PUİ anlamlı seviyede ($p < 0.05$) daha etkiliydi. Kök kanal duvarlarının temizlenmesi diğer final irrigasyon yöntemleri ile karşılaştırıldığında EndoVac sistem ve PUİ yönteminde daha başarılı bulundu.

Anahtar Sözcükler: Debris, EndoVac, Pasif Ultrasonik İrrigasyon, SEM, Smear Tabakası

SUMMARY

A Comparative Study of Cleaning Efficacy of Different Endodontic Irrigation Methods and Er,Cr:YSGG Laser Irradiation

The aim of this in vitro study was to evaluate the removal of dentin debris and smear layer from the root canal walls after use of different endodontic irrigation methods and Er,Cr:YSGG laser irradiation using SEM. Sixty human canines extracted with orthodontic purposes were distributed into four experimental groups (n = 15) according to the final irrigation/agitation protocols after chemomechanical preparation. Conventional syringe irrigation with side-vented endodontic needle (group 1), passive ultrasonic irrigation (group 2), laser active irrigation with Er,Cr:YSGG laser irradiation (group 3) and apical negative pressure irrigation (EndoVac system) (group 4) were performed to the root canals for 6 min (3 min for active irrigation and additional 3 min for passive) totally. A combination of 2.5% NaOCl and 17% EDTA was used during final irrigation. The roots were split longitudinally and evaluated under SEM at x1000 to compare the amount of debris and smear layer scores in each third. Data were analyzed statistically by Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U tests ($\alpha = 0.05$). According to the results, conventional syringe irrigation and Er,Cr:YSGG laser irradiation left significantly more debris ($p < 0.05$) inside the canals, while ultrasonic irrigation and EndoVac were the most effective methods ($p < 0.05$) for debris removal. Although none of the irrigation/agitation protocols completely removed the smear layer from the root canal walls, EndoVac system followed by ultrasonic irrigation was significantly more effective ($p < 0.05$). In conclusion, EndoVac system was found as a successful method for cleaning the root canal walls when compared with the other irrigation methods.

Key Words: Debris, EndoVac, Passive Ultrasonic Irrigation, SEM, Smear Layer

GİRİŞ ve AMAÇ

Başarılı endodontik tedavi doğru bir endikasyon, kök kanalının yeterince temizlenip şekillendirilmesi, sızdırmaz bir şekilde doldurulması ve uygun final restorasyonun yapılması gibi bazı faktörlere bağlıdır (1). Her biri önemli bir aşama olan bu faktörlerin en uygun seviyede sağlanması gereklidir. Kök kanal tedavisinin başarısı için kök kanal duvarlarının kemomekanik yöntemlerle temizlenmesi ve enfekte içeriğin çıkarılması önemlidir (2). Ancak kök kanal anatomisinin karmaşık bir yapıya sahip olması, kök kanallarındaki pulpa dokusu, enfekte organik artıklar, dentin debris ve smear tabakasının preparasyon işlemi ile tam olarak uzaklaştırılmasını zorlaştırır (3,4). Böylece, enfekte kök kanallarında geride bırakılan debris ve smear tabakası mikroorganizma ve yan ürünleri için güvenli bir barınak rolü üstlenir.

Preparasyon esnasında kanal aletleri dentinal debris kök kanal sisteminin düzensizliklerine doğru itebilmektedir (5). Ayrıca kök kanal sistemleri içerisinde mevcut bulunan ve enstrümanlarla ulaşılamayan bölgelerde kalan enfekte organik artıklar tedavinin başarısızlığına neden olabilmektedir (6).

Smear tabakası ise mine ve dentinin manuel veya döner aletlerle kesilmesi sonucu meydana gelen mineralize kolajen matriksin çok küçük parçacıklarından oluşan ve tüm yüzeye yayılan bir tabakadır (7). Bazı araştırmacıların smear tabakasının bir bariyer vazifesi görerek dentin tübüllerine bakteriyel penetrasyonu önlediğini ifade etmesine karşın (8), bakteriler bu tabaka içerisinde yaşamlarını devam ettirebilmekte ve çoğalabilmektedirler. Bu sebeple kök kanal tedavisinin tamamlanması öncesinde kanal duvarlarından bu tabakanın uzaklaştırılması gerektiği bildirilmiştir (9-11).

Kök kanalı içerisindeki debris ve smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla günümüze kadar değişik yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemler arasında geleneksel şırınga iğneleri yardımıyla farklı kimyasal solüsyonlar kullanılarak kök kanallarının yıkanması, ultrasonik enerjiden faydalanılması veya çeşitli lazer sistemlerinin kullanılması sayılabilir. Ancak yapılan laboratuvar çalışmalarının sonuçları hiçbir yöntemin smear tabakasını tam olarak uzaklaştırma bakımından yeterli olmadığını göstermektedir (9,10,12).

Sodyum hipoklorit (NaOCl) yüksek oranda doku çözücü etkiye sahip olup (13-15) endodontik tedavide farklı konsantrasyonları yaygın biçimde kullanılmaktadır. Doku çözme etkisi solüsyonun ısıtılması veya ajitasyonu ile artırılabilir (16). Ancak

doku çözücü etkisi sadece organik kısımla sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle inorganik parçaların uzaklaştırılmasında değişik solüsyonlarla kombine kullanımı gerekmektedir. Bu amaçla değişik organik asitlerin yanı sıra şelasyon yapan etilen diamin tetraasetik asit (EDTA) (%15 veya %17) ve onun farklı formülasyonları piyasaya sürülmüştür.

İnorganik yapıların uzaklaştırılmasında sitrik asit (%10, %20 veya %50) (14), poliakrilik asit (17), laktik asit (18), tannik asit (19,20), mannik ve ortofosforik asit (21) gibi organik asitlerden de faydalanılmaktadır. Bunlara ilaveten REDTA (22), EDTAC (23), EGTA (24), SmearClear (25-27) ve MTAD (28-30) gibi solüsyonlar da smear tabakasını uzaklaştırmada kullanılmıştır.

Birçok araştırmacı, kök kanallarının preparasyonu sonucunda ortaya çıkan smear tabakasının etkin şekilde uzaklaştırılması amacıyla EDTA ile NaOCl solüsyonlarının ardı sıra kullanımının yararlı olduğunu rapor etmiştir (15,31-36). Goldman ve ark (15) ile Yamada ve ark (31), EDTA ve NaOCl'in çeşitli kombinasyonlarının etkisini incelemiş ve en etkili final yıkamanın 10 mL %17'lik EDTA uygulamasını takiben 10 mL %5.25'lik NaOCl kullanımı olduğunu bulmuşlardır.

Mikroorganizmalara karşı etkili olan tetrasiklin grubu antibiyotikler de kök kanal sistemlerinin temizliği amacıyla kullanılmıştır. Geniş spektrumlu antimikrobiyal etkiye sahip olmaları dışında yüksek konsantrasyona sahip solüsyonlarının kalsiyum şelatörleri oldukları, mine ve sement yüzeyinde demineralizasyona yol açtıkları ve bu özellikleri sayesinde kanal içi smear tabakasının uzaklaştırılmasında kullanılabilecekleri rapor edilmiştir (37-39). Bu amaçla tetrasiklin-HCl, doksisisiklin ve minosiklin solüsyonları kullanılmaktadır.

1950'li yıllarda ultrasonik cihazların diş hekimliğinde kullanılmasıyla birlikte endodonti alanında da kullanımı gündeme gelmiştir (40,41). Ultrasoniklerin ilk olarak Richman tarafından 1957 yılında kök kanal tedavisine uyarlandığı ve kanal preparasyonu için kullanıldığı rapor edilmiştir (42). Fakat popüler hale gelmesi Martin adlı araştırmacının çalışmasıyla olmuştur (43). Buna karşın, sonik ve ultrasoniklerin kök kanal preparasyonundaki yetersizliği sebebiyle daha sonraları sadece kök kanal irrigantlarının ajitasyonu amacıyla kullanımı söz konusu olmuştur. Mekanik preparasyonun tamamlanmasını takiben final irrigasyonda ultrasonik enerji kullanımının kanal duvarlarındaki debris ve smear tabakasını etkili şekilde uzaklaştırdığı gösterilmiştir (44,45).

Son yıllarda, lazer sistemlerinin kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi, kanal içi mikroorganizmaların yok edilerek steril ortam şartlarının sağlanması ve smear tabakası ile debrisin uzaklaştırılmasında etkili olduğu birçok çalışmada rapor edilmiştir (46-51). Lazer enerjisinin dentin tübüllerine yerleşen bakterilere erişebilme yeteneği olduğu düşünülmektedir.

Kök kanallarının temizlenmesinde kullanılmak üzere RinsEndo (Dürr Dental, Bittigheim-Bissingen, Almanya) ve EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA, ABD) gibi makine destekli sistemler de geliştirilmiştir. Söz konusu bu sistemler basınçla emme teknolojisini kullanmakta ve hidrodinamik aktivasyon prensibine göre çalışmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; taramalı elektron mikroskop (SEM) kullanarak farklı endodontik irrigasyon yöntemlerinin ve Er,Cr:YSGG lazer sisteminin kök kanallarından debrisi uzaklaştırma ve smear tabakasını kaldırma yeteneklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesidir.

GENEL BİLGİLER

Mikroorganizmalar ve/veya toksinlerinin endodontik hastalıkların meydana gelmesinde en önemli etiyolojik faktörler olduğu 20. yüzyılın ikinci yarısında yapılan deneysel çalışmalarda ortaya konmuştur (52-57). Kakehashi ve ark tarafından 1965 yılında yapılan çalışmada, germ-free farelerle konvansiyonel farelerin diş pulpaları cerrahi olarak ağız ortamına ekspozite edilerek sonuçlar değerlendirilmiştir (52). Geleneksel laboratuvar farelerinin pulpalarında abse formasyonu gözükmesine karşın, germ-free farelerin pulpalarında ekspozite alanlar dentin köprüleri ile tamir edilerek pulpa vitalitesi korunmuştur.

Endodontik hastalıkların mikroorganizmalar tarafından meydana geldiğinin anlaşılmasıyla kök kanallarından mikroorganizmaların ve/veya mikrobiyal ürünlerin uzaklaştırılması endodontik tedavinin primer amacı haline gelmiştir. Kök kanalları ve periapikal dokularda irritasyona sebep olabilen ve uzaklaştırılması gereken etkenler arasında mikroorganizmalar ve yan ürünleri, vital ve nekrotik doku artıkları ile organik doku yıkım ürünleri sayılabilir (9,58).

Başarılı bir endodontik tedavinin elde edilmesi bazı temel prensiplerin yerine getirilmesine bağlıdır. Bu prensipler arasında kök kanalları içeriğinin değişik manuel ve döner sistemlerle mekanik olarak uzaklaştırılması (59-64), özellikle aletlerle ulaşım imkanı kısıtlı alanların antimikrobiyal yıkama solüsyonları ile ıslatılması, çeşitli kanal içi dezenfektan maddelerle kanalın dezenfekte edilmesi ve biyoyumlu materyallerle sızdırmaz biçimde üç boyutlu olarak doldurulması sayılabilir (22,65).

Endodontik enfeksiyon kaynaklarının kök kanallarından uzaklaştırılması kompleks bir işlemdir. Çünkü istmus, fin, ramifikasyon, cul-de-sac (çıkamaz sokak), apikal delta ve lateral kanallar gibi etkin bir temizleme işleminin yapılmasını güçleştiren alanların varlığı mikroorganizmaların kök kanallarından uzaklaştırılmasını engeller (66-72). Ayrıca smear tabakası ve enfekte dentin debris mikrobiyal ürünlerin barındığı ideal bir ortam sağlar.

Kök kanal sistemlerinin bu kompleks yapısı sebebiyle manuel ve döner eğelerle kök kanallarının ideal biçimde tam olarak temizlenmesi mümkün olamamaktadır. Özellikle de son yıllarda rutin kullanılan ve endodontik tedavide hekime büyük kolaylık sağlayan döner ege sistemlerinin kullanımı sonrasında dentin yüzey alanının en azından %35'inin hiç temas edilemeden geride bırakıldığı gösterilmiştir (73,74). Paque ve ark

yaptıkları çalışmada oval kanallara sahip dişlerde bu oranın %55 ile %75 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir (75). Bu nedenle, mekanik enstrümantasyona ilaveten kök kanallarının kimyasal olarak da dezenfekte edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla antibakteriyel etkinliğe sahip farklı kanal yıkama solüsyonları ile birlikte kanal içi medikamentlerinin kullanımı zorunlu olmaktadır.

4.1 Debris

Kök kanal içeriğini uzaklaştırmak üzere kullanılan manuel veya döner enstrümanların kesme etkinliğinin bir sonucu olarak dentin debrisı meydana gelir (76). Dentin debrisı; dentin parçacıkları, bakteri ve nekrotik pulpa dokusundan oluşur. Kök kanallarında meydana gelen debris birikimi kök kanal enstrümantasyonu işleminin bir yan etkisi olup kanal tedavisinin esas amacının elde edilmesine engel teşkil edebilmektedir (5,77). İstmuslar içerisinde biriken dentin debrisı buralara yerleşen mikroorganizmaların dezenfeksiyon işlemlerinden korunmasına yardımcı olmakta (77) ve antiseptik materyallerin etkinliğini engelleyebilmektedir (78).

Debrisin tam olarak uzaklaştırılması irrigasyon solüsyonlarının kök kanal duvarları ile temas etmesine ve etkili bir dezenfeksiyon işleminin gerçekleşmesine olanak sağlar. Kullanılan enstrümanın tipine bakmaksızın mekanik preparasyonun yetersiz kaldığı durumlarda enfekte pulpa dokusunun kimyasal solüsyonlarla uzaklaştırılması ve dentin yüzeylerinin farklı irrigantlarla dezenfekte edilmesi büyük önem kazanmaktadır. Ayrıca, kök kanalları temiz olmadığında obtürasyon işlemi uygun biçimde yapılamamaktadır. Çünkü geride kalan organik doku patın kök kanal duvarlarına adaptasyonunu önlemektedir (79).

4.2 Smear Tabakası

Smear tabakası ilk olarak Eick ve ark tarafından rapor edilmiştir (80). Bu araştırmacılar smear tabakasının 0.5-15 µm'den daha küçük boyutlarda değişen partiküllerden oluştuğunu göstermişlerdir. Ancak kök kanalı içerisinde enstrümente edilen kanal duvarları üzerinde oluşan smear tabakası farklı yapıda olup bunu ilk kez 1975 yılında McComb ve Smith adlı araştırmacılar tanımlamıştır (65). Kavite duvarlarındaki smear tabakasının aksine bu tabakanın sadece dentin parçacıklarını değil bunun yanı sıra pulpa dokusu, odontoblastik uzantı ve bakteri yıkım ürünlerini de içerdiğini ifade etmişlerdir (65).

Goldman ve ark, kanal duvarlarındaki smear tabakası kalınlığının yaklaşık bir mikron civarında olduğunu belirtmiş ve büyük bir oranda inorganik içeriğe sahip olduğunu rapor etmişlerdir (81). Ayrıca bu tabakanın sadece enstrümanla edilen kanal duvarları üzerinde oluştuğunu ve kanal aletinin temas etmediği yüzeylerde böyle bir tabakanın meydana gelmediğini de ifade etmişlerdir (81).

Literatürde smear tabakasının uzaklaştırılması çelişkili bir konu olup bu konuda tam bir görüş birliği söz konusu değildir (33). Bir görüşe göre, smear tabakası bir bariyer vazifesi görüp dentin tübülleri içerisine doğru bakteriyel invazyonu engellemektedir. Bu nedenle kaldırılmamalıdır (8,82-85). Ancak diğer bir görüşe göre ise, mikroorganizmalar smear tabakasını bir besin kaynağı olarak kullanarak bu tabaka içerisinde yaşayabilmekte ve çoğalabilmektedir (86). Dahası smear tabakasını geçerek dentin tübülleri içerisinde daha derinlere doğru ilerleyebilmektedir (87). Böylece smear tabakası kök kanallarının medikasyonu amacıyla kullanılan irrigasyon solüsyonları ve medikamentlerin antimikrobiyal etkinliklerini düşürmekte ve kök kanal dolgu materyalleri ile kanal duvarları arasındaki bağlantıyı zayıflatarak sızıntıya neden olabilmektedir (31-33). Günümüzde ikinci görüş daha fazla kabul görmektedir. Birçok yazar, bu tabakanın gevşek bağlı bir yapıda olduğu, bakterileri barındırdığı ve sızıntı için bir geçiş alanı sağladığından dolayı tüm kanal duvarları yüzeyinden tamamen uzaklaştırılması gerektiğine inanmaktadır (88-91). Birçok çalışmada smear tabakasının uzaklaştırılmasının ardından dentin tübüllerinin dezenfekte edilebildiği gösterilmiştir (90,91). Bu sebeple dentin tübüllerinin dezenfekte edilebilmesi ve bakteriden yoksun bir ortam oluşturulabilmesi için smear tabakasının mutlaka uzaklaştırılması gerekmektedir.

4.3 Kök Kanallarının İrrigasyon Solüsyonları İle Yıkınması

Kök kanalları mekanik preparasyon sırasında her enstrüman değişiminde sık sık nekrotik materyali çözücü ve antimikrobiyal özelliklere sahip solüsyonlarla yıkanmalıdır.

İrrigasyon solüsyonlarının kullanımı beraberinde bazı yararlar getirir. Bunlar arasında (92);

1. Kök kanal sistemi içerisindeki organik ve inorganik debris ile enfekte materyali uzaklaştırmak,
2. Antibakteriyel etkinlik göstererek mikroorganizma ve yıkım ürünlerini yok etmek,

3. Lubrikasyon özelliği ile kullanılan enstrümanların kök kanalları içerisinde daha rahat çalışmasını sağlamak,
4. Smear tabakasını uzaklaştırmak,
5. Renklenmiş dişlerde ağartma etkisi sağlamak sayılabilir.

İdeal bir irrigasyon solüsyonunun özellikleri ise şu şekilde sıralanabilir (93);

- ✓ Vital veya nekrotik doku ve debrisleri çözebilmeli,
- ✓ Geniş spektrumda antimikrobiyal etkinlik sergilemeli,
- ✓ Biyofilmi parçalayabilmeli ve endotoksinleri etkisiz kılabilirmeli,
- ✓ Vital dokulara karşı düşük toksisite göstermeli,
- ✓ Periradiküler dokuları irrite etmemeli,
- ✓ Antijenik veya karsinojenik etki göstermemeli,
- ✓ Kayganlaştırıcı özelliği ile kanal enstrümanlarının çalışmasına yardımcı olmalı,
- ✓ Düşük yüzey gerilimine sahip olmalı,
- ✓ Enstrümantasyon sırasında smear tabakası oluşumunu önlemeli veya oluşan smear tabakasını uzaklaştırabilmeli,
- ✓ Doku artığı veya vücut sıvıları varlığında inaktive olmamalı,
- ✓ Diş rengini etkilememeli,
- ✓ Restorasyon materyallerinin diş yapılarına bağlanma gücünü etkilememeli,
- ✓ Kolay hazırlanabilmeli,
- ✓ Düşük maliyetli olmalı,
- ✓ Kullanımı kolay olmalı,
- ✓ Raf ömrü uzun olmalı,
- ✓ Kolay saklanmalıdır.

Literatürde kök kanal tedavisinde kök kanallarının yıkanması amacıyla kullanımı tanımlanan çok sayıda irrigasyon solüsyonu mevcuttur. Ancak bu solüsyonlardan hiçbiri istenen özelliklerin tümünü karşılayamamakta ve ideal bir irrigasyon solüsyonu olarak vazife görememektedir. Bu nedenle farklı irrigasyon solüsyonlarının kombine kullanımı günümüzde yaygın olarak önerilmektedir.

4.4 Kök Kanal Tedavisinde Sıklıkla Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları

Endodonti pratiğinde kök kanallarının yıkanması ve dezenfeksiyon etkinliğinin sağlanması amacıyla farklı irrigasyon solüsyonları kullanılmıştır. Bu solüsyonlar şu şekilde sıralanabilir:

1. Serum fizyolojik
2. Hidrojen peroksit
3. Sodyum hipoklorit
4. Şelasyon ajanları
5. Klorheksidin
6. Asitler
7. Tetrasiklinler
8. Diğerleri (MTAD, Klorindioksit, QMix)

4.4.1 Serum Fizyolojik

Serum fizyolojik %0.9 konsantrasyona sahip sodyum klorit (NaCl) çözeltisidir. NaCl vücut sıvıları ile aynı ozmolariteye sahip olup dokuya uyumlu bir ajandır. Antiseptik yıkama solüsyonlarının yaygın olmadığı dönemlerde kullanılmıştır (94). Kök kanallarının preparasyonu sırasında oluşan debrislerin veya mevcut nekrotik dokuların uzaklaştırılmasında kullanımı faydalıdır. Ancak mikroorganizmalar üzerine herhangi bir biyolojik veya kimyasal etkisi söz konusu değildir (95). Özellikle enfekte kök kanallarından negatif kültür elde edilmesinde zayıf etkilidir.

4.4.2 Hidrojen Peroksit

Diş hekimliğinde %1-30 arasında değişen farklı konsantrasyonları kullanılan bu oksitleyici ajanın etki mekanizması radikal hidroksil iyonlarını açığa çıkarmasına bağlıdır. Endodontik solüsyon olarak %3'lük konsantrasyonda kullanılmıştır (96). Hidroksil iyonları membran lipidleri ve DNA başta olmak üzere temel hücre bileşenleri üzerinde etki gösterir. Ayrıca sülfidril grupları da antimikrobiyal etkinlik kazandırır. Doku eritici özelliğe sahip değildir. Sınırlı antimikrobiyal etkisi, oluşturduğu köpürme reaksiyonuna (efervesan etki) bağlı gelişir (97). Ancak kök kanalı içerisinde rezidüel kalması basınç meydana getirmekte ve postoperatif ağrıya sebep olmaktadır. Tek başına kullanımı düşük bir etkinlik sağlamak ve bu nedenle farklı antimikrobiyal solüsyonlarla kombine kullanılması gerekmektedir (98,99).

4.4.3 Sodyum Hipoklorit

Günümüzde endodontik tedavide en yaygın kullanılan irrigasyon solüsyonu olma özelliğini koruyan NaOCl, Fransız kimyacı Berthollet tarafından 1788 yılında keşfedilmiştir. Klorinli soda solüsyonu olup geniş spektrumlu antibakteriyel özellik

gösterir. Birinci Dünya Savaşı sırasında açık yaraların dezenfeksiyonu amacıyla kullanılan %0.5'lik konsantrasyonu 'Dakin solüsyonu' olarak adlandırılır (93).

Özellikle antibakteriyel etkinliği, nekrotik dokuları çözebilmesi ve kanal aletlerini kayganlaştırıcı etki göstermesi sebebiyle endodontik tedavide farklı konsantrasyonları uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Bu amaçla konsantrasyonu %5.25-6 aralığında hazırlanır. Literatürde en etkili konsantrasyonu hakkında görüş birliği olmamakla birlikte, %0.5-5 arasındaki solüsyonlar arasında antibakteriyel etki bakımından herhangi bir farklılık olmadığı iddia edilmiştir (9). Düşük konsantrasyonları bakterilerle direkt temasta bakterisit etki göstermektedir. Ancak nekrotik dokuları çözebilmesi için daha yüksek konsantrasyonlara ihtiyaç vardır. Nekrotik doku varlığında solüsyon içerisinde var olan serbest klorin daha hızlı tükenmektedir. Yüksek konsantrasyona sahip solüsyonlar klorin deposu olarak vazife görebilmektedir (93). Ancak yüksek konsantrasyonların sebep olabileceği toksik ve alerjik reaksiyonlar göz önünde bulundurularak daha düşük konsantrasyonların daha yüksek miktarlarda ve daha uzun sürelerde kullanımı veya ısı ve ultrasonik enerji gibi değişik irrigant aktivasyon yöntemlerinin kullanımı önerilmektedir. Matthias Zehnder (93), kök kanalları içerisindeki temizlenmeyen bölgelerin kalmasını kullanılan solüsyonun düşük konsantrasyona sahip olması ile değil kök kanal sisteminin karmaşıklığıyla açıklamaktadır. Dolayısıyla %1'lik konsantrasyonun üzerindeki hipoklorit solüsyonlarının kullanımına dair mantıklı bir gerekçe olmadığını rapor etmiştir (93).

NaOCl'in doku çözücü etkisi solüsyonun konsantrasyonuna, pH değerine, hacim ve ısisına, devamlı biçimde tazelenmesine, organik doku miktarına, doku tipine, dokularla temas süresine ve ultrasonik enerji ile aktive edilmesine bağlıdır (100). Sahip olduğu bu antimikrobiyal ve doku çözücü etkisi; aminoasit nötralizasyonu, kloraminasyon ve saponifikasyon (sabunlaştırma) reaksiyonları sonucunda meydana gelir. Güçlü hidroksil radikalleri ve kloraminasyon reaksiyonu ile antimikrobiyal etkinlik gösterir. Bu sayede bakteriyel enzimleri geri dönüşümsüz olarak yıkar. Serbest klorin insan vücudunda hipoklorit (OCl) veya hipokloröz asit (HOCl) olmak üzere iki farklı şekilde bulunur. Serbest klorin şu reaksiyonlara göre açığa çıkmaktadır (101):



Bu reaksiyonda elde edilebilen klorin, solüsyonun pH'sına bağlı olup pH 7.6 üzerinde OCl baskındır. Altındaki değerlerde ise HOCl elde edilir (102). Endodontide irrigasyon amacıyla kullanılan saf hipoklorit solüsyonları ise pH 12 değerinde olup (103) klorin hipoklorit formundadır. HOCl daha yüksek bir antibakteriyel etkinliğe sahip olmasına karşın (104), raf ömrü daha kısa olduğundan pek tercih edilmemektedir.

NaOCl'in kök kanalları içerisindeki etkinliğinin geliştirilmesinde bir diğer alternatif yöntem, düşük konsantrasyona sahip solüsyonunun ısısının artırılmasıdır. Bu yaklaşımın doku çözme yeteneğini geliştirdiği savunulmuştur (105). Bir çalışmaya göre, sıgır dentini örneklerinden elde edilen protein oranı ısıya bağlı olarak artmaktadır (106). Öyle ki bu oran; oda sıcaklığında %24.6, 37°C'de %26.9 ve 70°C'de de %33.9 şeklinde olmaktadır. Bunlardan sadece son ikisi kontrol grubu olarak kullanılan salinden istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturmaktadır. Bu yaklaşımın antibakteriyel etkinliği artırdığı gösterilmiştir (107). Bu sayede 5-60°C aralığında her 5°C'lik ısı artışında bakterisit etkinin iki katından fazla arttığı ortaya konmuştur (101).

Bir diğer önemli unsur da NaOCl irrigasyonunun yeterli sürede uygulanmasıdır. Sahip olduğu doku çözücü ve antimikrobiyal etkisini klorin serbestleyerek göstermekle birlikte bu özelliklerini sergileyebilmesi için belirli bir uygulama süresine ihtiyaç duyar. Yukarıda bahsedilen Kamburis ve ark tarafından gerçekleştirilen çalışmada temas süresinin etkisi değerlendirilmiş ve %6.25'lik NaOCl solüsyonu ile salin arasında belirgin bir farklılık olduğu ortaya konulmuştur (106). 70°C ısıya sahip %6.25'lik konsantrasyondaki NaOCl solüsyonu ile 10 dk temas süresinin dentin talaşlarından organik materyali uzaklaştırmada en etkili yol olabileceği iddia edilmiştir (106). In vitro şartlarda 37°C'deki %2'lik NaOCl'in insan pulpasının %15'ini 15 dakikada çözdüğü, bir saat sonunda bu oranın %50'ye yükseldiği ve iki saat sonunda %100'e ulaştığı belirtilmiştir (108). Ancak herhangi bir konsantrasyona sahip olan NaOCl solüsyonunun kök kanal sistemi içerisinde kalması gereken optimum süre konusu hala tartışmalıdır (93).

NaOCl endodontik tedavide gereksinim duyulan antimikrobiyal ve nekrotik dokuları çözebilme etkinliğini karşılayabilmesine karşın, kök kanal duvarlarının eğelenmesi sonucunda oluşan smear tabakasını uzaklaştırmada tek başına etkisizdir (109).

4.4.4 Klorheksidin

Klorheksidin (CHX) solüsyonu uzun zamandan beri oral kavitedeki plak ve diş taşı kaynaklı periodontal enfeksiyonun elimine edilmesinde kullanılmaktadır. Endodontik pratikte de yaygın olarak kullanılan katyonik bir bis-guanid olup bakteri hücre duvarı gibi negatif yüklü yüzeylere bağlanarak etkinlik gösterir. İlk olarak 1954 yılında Davies ve ark tarafından önerilmiştir (110). Düşük konsantrasyonda (%0.2) hücre duvarı geçirgenliğini değiştirerek potasyum ve fosfor gibi moleküllerin dışarıya sızmasına ve geriye dönüşümlü olabilen bakteriyostatik etkilere sebep olur. Yüksek konsantrasyonda (%2) ise sitoplazmadaki içeriğin çökmesine ve bakterisit etkilerin ortaya çıkmasına neden olur (111).

Aktivite göstermesi pH'sına bağlı olup 5.5 ile 7 arasında bir değere sahiptir. Organik materyal varlığında antimikrobiyal etkinliği azalır (112). Kanal içerisindeki dentin ve bileşenlerinin (hidroksiapatit ve kolajen), ölü mikroorganizma ve iltihabi eksüdanın CHX'in antibakteriyel etkisini düşürdüğü rapor edilmiştir (78). CHX baz yapıda olup tuz formu daha stabildir. Bu sebeple glukonat, diglukonat, asetat ve hidroklorat en yaygın kullanılan formlarıdır (113).

CHX'in gram pozitif bakterilere kıyasla gram negatif bakteriler üzerinde daha etkili bir ajan olduğu bildirilmiştir (110). Kök kanal tedavisinde irrigasyon solüsyonu olarak %2'lik konsantrasyonu önerilmektedir (114). Sert dokulara bağlanarak yavaşça serbestlenir. Uzun süreli antibakteriyel etkinlik gösterir. Bu etkisi 'substantivite' olarak adlandırılmakta (115) ve 12 haftaya kadar devam edebilmektedir (116,117).

CHX'in antimikrobiyal etkinliği üzerine yapılan çalışmalarda değişik konsantrasyonlarının mikrobiyal enfeksiyonu elimine etmede NaOCl solüsyonu kadar hatta daha etkili olduğu iddia edilmiştir (118-121). Örneğin iki farklı çalışmada, CHX'in farklı konsantrasyonlara sahip likit ve jel formları (%0.2, %1 ve %2) ile NaOCl solüsyonlarının farklı konsantrasyonları (%0.5, %1, %2.5, %4 ve %5.25) bu amaçla birkaç bakteri üzerinde karşılaştırılmıştır (118,119). Sonuç olarak, CHX'in antimikrobiyal etkinliğinin form, konsantrasyon ve süre ile ilişkili olarak NaOCl ile karşılaştırılabilir olduğu vurgulanmıştır.

CHX'in NaOCl gibi doku çözme yeteneğinin olmaması en önemli dezavantajlarından biridir. Ayrıca smear tabakasını uzaklaştırmada da etkili değildir ve distile su ile aynıdır. Bu sebeple CHX'in son yıkama solüsyonu olarak kullanımı

önerilmekte ve kök kanallarının irrigasyonunda tek başına kullanılmaması gerektiği iddia edilmektedir (93).

İrrigasyon amacıyla CHX kullanımında bir diğer önemli husus da CHX ile NaOCl arasında gelişebilen kimyasal reaksiyonlardır. NaOCl kullanımını takiben CHX ile kanallar irrigate edildiğinde para-kloranilin (PKA) adı verilen turuncu-kahverengi bir çökelme meydana gelmektedir (122,123). Bu çökelme nötr ve çözünmez yapıda olup dentin tübül ağzlarını tıkayabilmektedir. Bu sebeple NaOCl'i takiben CHX'in kullanılmaması ve arada kök kanalının distile su veya alkol ile yıkanması gerekmektedir.

4.4.5 Asitler

Kök kanal irrigasyonu amacıyla değişik organik asitler kullanılmıştır. Bunlar arasında sitrik, laktik, formik, askorbik, fosforik, hidroklorik, sülfirik, poliakrilik ve tannik asit sayılabilir (14,17-21). Kök kanal temizliğinde bu asitlerin çoğunun yeterli bulunmamasına karşın, özellikle de sitrik asit ve yine sitrik asidin NaOCl ile kombinasyonları tatminkar sonuçlar sağlamıştır (14). Sitrik asidin değişik konsantrasyonları kullanılmasına rağmen, özellikle %50'lik konsantrasyonunun kök kanal yüzeylerinde oluşan smear tabakasını uzaklaştırmada oldukça etkili sonuçlar ortaya koyduğu bulunmuştur (36).

4.4.6 Tetrasiklinler

Birçok çalışmada antimikrobiyal etkinlik ve smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla tetrasiklin grubuna dahil antibiyotikler kullanılmıştır (39,124). Özellikle tetrasiklin-HCl, minosiklin ve doksisisiklin grubu antibiyotikler geniş antimikrobiyal etkinliğe sahiptir. Bunun yanı sıra, konsantre solüsyonları düşük pH değerleri sebebiyle kalsiyum şelatörleri olarak da vazife görebilmektedirler. Kök kanallarına uygulandıklarında dentin tübül ağzlarını genişletmekte ve kolajen matriksi etkileyebilmektedirler. Ayrıca dentinde oluşturdıkları demineralizasyon seviyelerinin sitrik asit ile karşılaştırılabilir olduğu da belirtilmiştir (125).

4.4.7 Diğerleri

Yukarıda bahsedilen ajanlar dışında başka solüsyonlar da geliştirilmiş ve kök kanallarının irrigasyonu amacıyla kullanılmıştır. Bunlardan biri de içerik olarak tetrasiklin izomeri, asit ve deterjan karışımından oluşan ticari ismi BioPure MTAD (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, ABD) olan solüsyondur. Bu karışım

içerisinde %3'lük doksisisiklin, %4.25'lik sitrik asit ve %0.5'lik yüzey aktif Tween 80 deterjan bulunmaktadır. Bu solüsyonun şekillendirilen kök kanallarından smear tabakasının uzaklaştırılmasında final yıkama solüsyonu olarak kullanılabileceği iddia edilmiştir (28-30). İçeriğindeki doksisisiklin sayesinde diş sert dokularına bağlanarak antimikrobiyal aktivite göstermekte ve bu etkisi uzun süreli olmaktadır. Antimikrobiyal etkinliğinin %5.25'lik NaOCl ile karşılaştırılabilir olduğu iddia edilmektedir (126). Ayrıca organik dokular üzerinde az da olsa bir çözücü etkisi söz konusudur. Tüm bu avantajlarına rağmen, bazı dezavantajları da mevcuttur. Bunlar arasında pahalı olması, kolay ulaşılabilir olmaması, hazırlandıktan sonra tüketim süresinin kısa olması ve ışıkla temasta diş sert dokularının renklenmesine sebep olması sayılabilir (127).

Kök kanallarının irrigasyonu amacıyla kullanılan bir diğer solüsyon klor içerikli klorindioksittir. Genelde kuvvetli bir oksitleyici ajan olması ve antibakteriyel özelliği sebebiyle yüzey dezenfeksiyonunda kullanılan bu solüsyonun kök kanal tedavisinde kullanımı önerilmiştir (128). Antimikrobiyal etkinliğini oksidasyon yaparak gösterir, ancak klorlama yapmaz. Enterococcus faecalis bakterisini yok etmede NaOCl ile karşılaştırılabilir etkinliğe sahiptir (129).

Kök kanallarının yıkanması amacıyla son zamanlarda önerilen bir diğer solüsyon QMix (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, ABD) isimli solüsyondur. Bisbiguanid bir antimikrobiyal ajan, poliaminokarboksilik asit kalsiyum şelasyon ajanı, salin ve surfaktan karışımını içeren deneysel bir antimikrobiyal kök kanal irrigantı olan QMix; EDTA, CHX ve deterjan içermektedir. Sahip olduğu kimyasal yapısı sayesinde EDTA ve CHX arasında herhangi bir çökelme reaksiyonu olmadığı, ayrıca içerdiği CHX ve NaOCl arasında da turuncu-kahverengi renkli PKA çökmesi meydana gelmediği üretici firma tarafından iddia edilmektedir.

Farklı NaOCl konsantrasyonları (%1, %2 ve %6), CHX (%2), distile su ve QMix'in karşılaştırıldığı bir çalışmada, dentin tübülleri içerisindeki bakteri varlığı ve ölü/canlı bakteri oranı SEM ve konfokal lazer taramalı mikroskop ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak QMix'in yüksek konsantrasyona sahip (%6) NaOCl ile eşit etkinlikte ve her ikisinin de diğer gruplardan anlamlı derecede daha etkili olduğu iddia edilmiştir (130).

4.4.8 Şelasyon Ajanları

Şelasyon sağlayan ajanların kök kanallarında kullanımı ilk olarak 1957 yılında Nygaard-Ostby adlı araştırmacı ile başlamıştır. Bu ajanların, klinik olarak kök kanal sistemlerinin temizlenmesi ve şekillendirilmesi sırasında enstrümanların temas ettiği yüzeylerde oluşan smear tabakasını uzaklaştırmada yararlı olabileceği bildirilmiştir (131). Bu amaçla en sık kullanılan şelasyon ajanı EDTA solüsyonudur. EDTA'nın diş sert dokuları üzerinde demineralize edici etkiye sahip olduğu ilk olarak Hahn ve Reygadas tarafından rapor edilmiştir (132).

EDTA, dentin yapısında var olan kalsiyum iyonları ile reaksiyona girerek çözünebilir kalsiyum şelatları oluşturarak etkisini gösterir. Endodonti pratiğinde genelde %17'lik konsantrasyonu tercih edilen EDTA, kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi işleminde sınırlı bir etki oluşturur. Beş dakikalık bir sürede dentinde 20-30 µm dekalsifikasyon yapabilmektedir (133). Yüksek konsantrasyonu kök kanallarında 50 µm'a kadar dekalsifiye etki gösterebilir. Kök kanalının karşılıklı iki duvarı hesaba katıldığında bu miktar 100 µm'a kadar ulaşabilmektedir (134). Dolayısıyla #10 boyutuna sahip bir kanal eğesine ilerleyebileceği bir yol açabilmektedir.

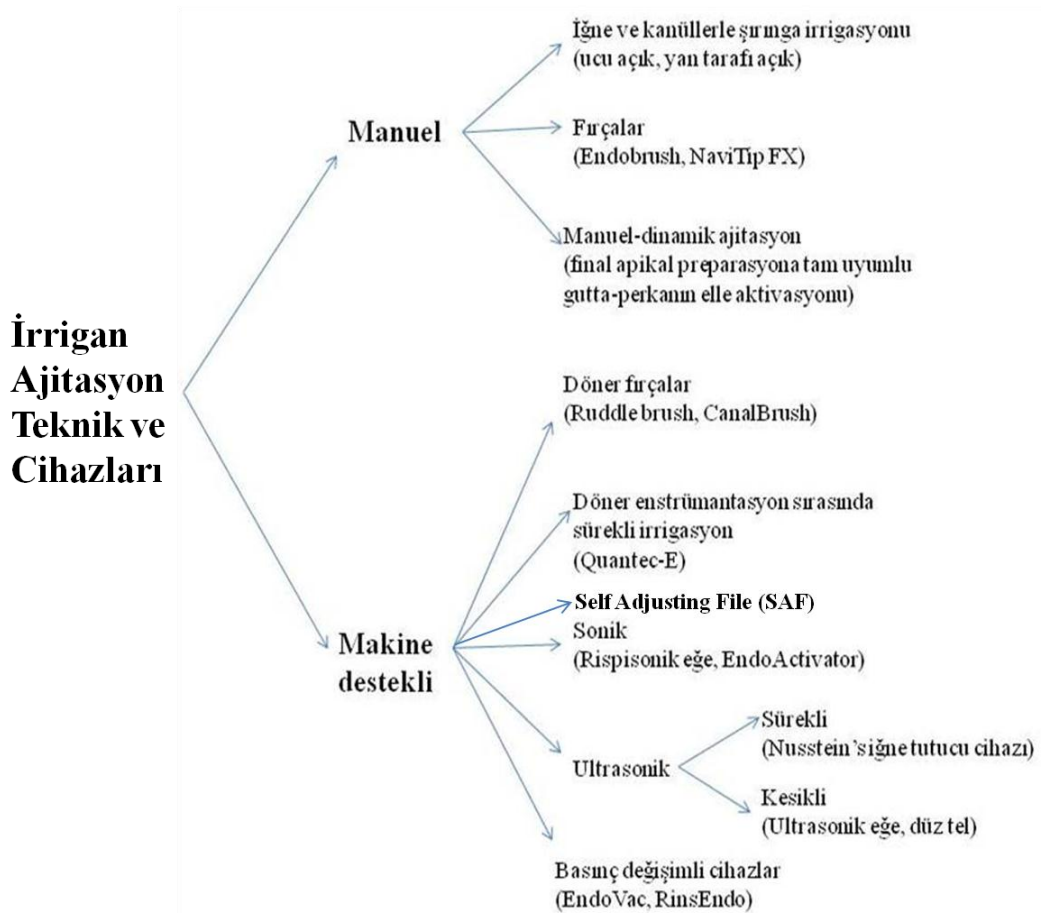
Şelasyon ajanlarının etkinliği; kök kanal uzunluğu, solüsyonun penetrasyon derinliği, uygulama süresi, dentinin sertliği, solüsyonun konsantrasyonu ve pH değeri gibi faktörlerden etkilenebilmektedir. Daha düşük veya nötr pH değerleri hidroksiapatitin çözünmesini kolaylaştırarak şelasyonu artırır (135). EDTA'nın etkinliği uygulama süresi ile de direkt ilişkilidir. Smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla en azından bir dk boyunca yüzeye temas halinde bulunmalıdır (134). Fakat bazı araştırmacılar EDTA'nın ancak ilk beş dakikada etki gösterebildiğini ve sürenin daha da artırılması gerektiğini ifade etmişlerdir (65). Baumgartner ve Mader ise EDTA'nın NaOCl ile kombine kullanımının dentinde hızlı bir erozyona neden olduğunu göstermişlerdir (33). EDTA'nın NaOCl ile birlikte kullanımının şelasyon özelliğini düşürdüğü fakat dezenfeksiyon etkisini artırdığı belirtilmiştir (131). Yamashita ve ark (136) yaptıkları bir çalışmada smear tabakasını uzaklaştırma açısından en temiz örneklerin NaOCl ile EDTA solüsyonlarının kombine kullanıldığı gruplarda olduğunu ifade etmişlerdir. Ancak, bazı yazarlar EDTA solüsyonunun NaOCl içerisindeki serbest klorin miktarını azalttığını ve de bu sebepten ötürü NaOCl'in organik dokular ve

mikroorganizmalar üzerindeki etkisinin azaldığını iddia etmişlerdir (137). Oysaki Serper ve ark yaptıkları bir çalışmada, EDTA kullanımını takiben kök kanallarının NaOCl ile yıkanmasının smear tabakasını kaldırmada en etkili yöntem olduğunu rapor etmiştir (134).

NaOCl en sık kullanılan yıkama solüsyonu olmasına karşın, yüksek yüzey gerilimi nedeniyle dentin tübülleri içerisindeki bakterilere ulaşabilme ve smear tabakasının inorganik kısmını ortadan kaldırabilmede yetersizdir (65). Bu nedenle EDTA gibi inorganik debris uzaklaştırabilen solüsyonlarla birlikte kullanılması gerekmektedir.

4.5 İrrigasyon Etkinliğini Artırmak İçin Kullanılan Güncel Teknik ve Cihazlar

Kök kanal irrigasyonunun etkinliğini artırmak için irrigant iletimi ve ajitasyon sistemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir. Gu ve ark (138), mevcut sistemleri manuel kullanılan ajitasyon teknikleri ve makine destekli ajitasyon cihazları şeklinde iki ana gruba ayırarak değerlendirmiştir. Söz konusu bu teknik ve cihazlar Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Günümüzde kullanılan mevcut irrigant ajitasyon teknik ve cihazları (138,139)

4.6 İğne veya Kanüllerle Yapılan Geleneksel Şırınga İrrigasyonu Yöntemi

Kanal tedavisinde kök kanal enstrümantasyonu işlemi yanında kök kanallarının kimyasal solüsyonlarla irrigasyonu da önemli bir aşamadır (140). İrrigasyon işleminin etkinliği, bu işlemin mekanik yıkama etkisiyle debrisin kanal duvarları üzerinden yer değiştirmesine ve solüsyonun bakterileri elimine edip nekrotik dokunun çözünmesini sağlayan kimyasal etkisine bağlıdır (67,141,142).

Geleneksel şırınga iğneleri ile kanal irrigasyonu irrigant iletimi için etkin bir yöntem olarak uzun yıllardan beri kullanılmaktadır (143). Bu tekniğin işleyişinde; herhangi bir irrigantın kök kanalı içerisine farklı ebatlarda iğne veya kanül yardımıyla pasif veya ajitasyon oluşturacak biçimde iletilmesi söz konusudur. Şırınga iğnesi kök kanalı içerisinde hareket ettirilmediğinde pasif şekilde çalışır. Oysa iğne belirli bir mesafede dentine saplanmayacak ve kök kanalı içerisinde sıkışmayacak biçimde yukarı-aşağı hareket ettiğinde irrigantın ajitasyonunu sağlamaktadır.

Şırınga iğnelerinin bazıları içindeki irrigantı en uç kısmındaki açıklıktan iletirken, uç kısımları kapalı olan diğer iğneler de bu amaçla lateral bölümde bulunan açıklıktan yararlanmaktadır (144). Bu ucu kapalı yan tarafı açık dizaynın irrigantın hidrodinamik aktivasyonunu geliştirdiği ve apikalden taşma riskini azalttığı iddia edilmektedir (145).

İrrigasyon işlemi sırasında iğne veya kanülün kök kanalı içerisinde sıkışmadan gevşek biçimde çalışması son derece önemli ve kritik bir konudur. Böylece irrigantın periapikal dokulara itilmesi önlenirken debrisin de koronale doğru hareketi sağlanmış olur.

Şırınga irrigasyonu yönteminin bir diğer avantajı, kök kanalı içerisinde iğnenin penetrasyon derinliğinin ve kullanılan irrigant hacminin kontrol edilebilmesine olanak sağlamasıdır (143). Günümüzde kök kanallarının irrigasyonu amacıyla değişik ebatlara sahip şırınga iğneleri kullanılmaktadır. Ancak bu şırınga iğneleri ile irrigasyon işleminin kök kanalının apikal bölümündeki etkinliği ile ilgili bazı belirsizlikler söz konusudur (146-148). Çünkü yapılan bir çalışmada bu geleneksel irrigasyon yöntemi kullanıldığında irrigasyon solüsyonunun iğne ucundan sadece bir mm daha öteye gidebildiği gösterilmiştir (148). Başka bir çalışmada ise, şırınga iğnesinin geniş ebatlara sahip bir kanal içerisinde en iyi ihtimalle orta üçlüye kadar ve dar bir kanalda sıklıkla koronal üçlü mesafesinde ancak lokalize olabildiği bildirilmiştir (149). Bu nedenle, özellikle de eğimli dar kanallarda irrigasyon solüsyonunun yetersiz penetrasyon

derinliği ile dentin tübüllerini dezenfekte edebilme yeteneğinin sınırlanacağı Őüphesi vardır.

1943 yılında Grossman (150), irrigasyon etkinliğinin geliştirilmesi amacıyla kök kanalının hangi ebatlara kadar genişletilmesi gerektiğini açıklamıştır. Buna göre, kök kanalının apeksteki ebadı #40'dan daha düşük ebatlarda hazırlandığında manuel olarak kontrol edilen şiringa iğnesi ile irrigasyon yöntemi oldukça düşük seviyede etki göstermektedir. Yine Falk ve Sedgley (151) adlı araştırmacılar tarafından yapılan daha sonraki bir çalışmanın verilerine göre, #36 - #60 ebatları arasında prepare edilen kök kanallarındaki irrigasyon etkinliği, #60 ve üzeri ebatlara kadar prepare edilenlere kıyasla önemli ölçüde azalma göstermektedir.

İrrigasyon işleminin etkinliği kök kanal sisteminin anatomik yapısına bağlı olmakla birlikte irrigantın iletim sistemi, şiringa iğnesinin kanal içerisinde yerleştirilme derinliği ve irrigantın hacim ve akış özelliklerinden etkilenmektedir (67,148). Kök kanal sisteminin özellikle apikal bölümünün temizlik ve dezenfeksiyonunda bazı etkenler göz önünde tutulmalıdır. Bu etkenler arasında kök kanalının ebadı, kanal taper'ı, irrigasyon kanülünün çapı ve kanal içerisine yerleştirilme derinliği sayılabilir. Bahsedilen bu etkenler irrigantın kök kanalının daha derinlerinde kalan bölgelerine iletilmesi üzerinde rol oynar (67,148,149,152-155). Ayrıca irrigantın kanülü terk ettiği açıklığın lokalizasyonu gibi kanül dizaynındaki değişiklikler, uygulanan basınç, akışkanlık özellikleri ve kanülün uç kısmındaki irrigant hızı da önemli faktörler arasındadır (67,142,144,149,153-157).

Geleneksel şiringa iğneleri ile irrigasyon işlemi günümüzde hala hem genel diş hekimleri hem de endodontistler arasında geniş biçimde kabul görmektedir. Birçok yazar bu yöntemin basit uygulanır olması yanında, irrigasyon etkinliğinin geliştirilmesine yönelik genel bir standart rehber oluşturduğunu ve periapikal dokulara irrigantın taşmasına yol açmadığını ifade etmişlerdir (158,159). Ancak bunun aksine bu yöntemin apikalde pozitif bir basınç oluşturması sebebiyle NaOCl gibi periapikal dokulara karşı yüksek toksisiteye sahip solüsyonların apikal foramenin ötesine taşmasına sebep olduğunu bildiren yayınlar da vardır (160).

Geleneksel şiringa iğneleri ile irrigasyon yöntemi, dezenfektan solüsyonları kök kanal sistemi içerisine göndermede pozitif basınç prensibi ile çalışmaktadır (150). Bu yöntemin etkin bir debridman ve kanal dezenfeksiyonu sağlayabilmesi için kök

kanalları içerisinde uygun irrigant akışının elde edilmesi gerekmektedir. Bunun için şırınga iğnelerinin kök kanal sistemleri içerisinde mümkün olduğunca apikal konumda yerleştirilmesi zorunludur. Bu yüzden, mekanik preparasyon işlemi ile elde edilen apikal preparasyon ebadı ve kök kanal taper'ı önemlidir (151).

Boutsioukis ve ark (2010), iki farklı iğne tipini farklı ebat ve taper'larda şekillendirilmiş kök kanalları içerisinde karşılaştırmış ve irrigant akışındaki hız, basınç ve makaslama stresini değerlendirmiştir (152). Kök kanal taper'ındaki artışın periapikal bölgeye irrigant taşması riskini artırmakla birlikte irrigantın tazelenmesini ve kanal duvarlarındaki debris üzerinde makaslama stresini de artırdığını ifade etmişlerdir. Yine aynı yazarlar farklı bir çalışmada apikal preparasyon ebadının aynı parametreler üzerindeki etkisini incelemişlerdir (153). Sonuç olarak; apikal preparasyon ebadının irrigantın yer değiştirmesi, kanal duvarları üzerindeki makaslama stresi ve apikal foramendeki basıncı etkilediğini belirtmişlerdir. Ayrıca kanalların #25'dan daha büyük ebatlara kadar genişletilmesinin şırınga irrigasyonunun performansını artırdığını da ifade etmişlerdir (153).

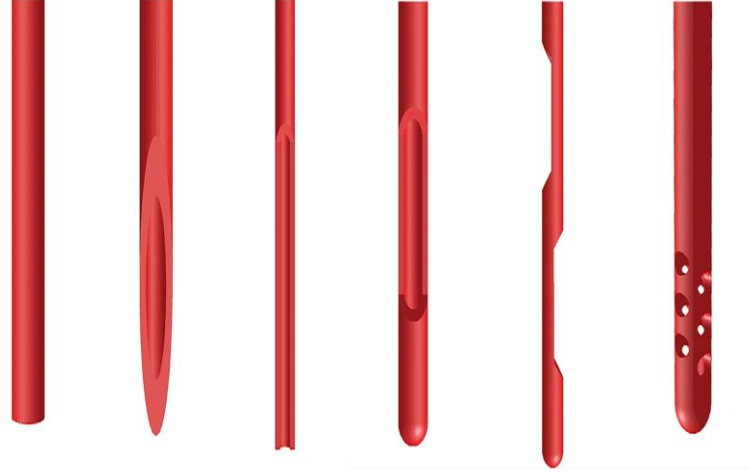
Kök kanal duvarları üzerinde etkin bir temizlik elde edilebilmesi şırınga iğnesinin kök kanal sistemi içerisinde olabildiğince apikalde konumlandırılabilmesine bağlıdır. Şırınga iğnesi ile kanal duvarları arasında herhangi bir sıkışma veya bağlanma olmaksızın uygun ve yeterli bir mesafenin var olması kanal ağızlarına doğru irrigantın etkin şekilde geri akışına olanak sağlar (157,161,162). Böylece sürekli bir irrigant akışı elde edilerek her defasında kanal içerisinde irrigantın sürekli tazelenmesi sağlanmış olur. Bu amaca yönelik olarak yüksek gauge değerine ve düşük uç ebadına sahip irrigasyon iğnelerinin kullanımı da faydalı olmaktadır (152,153,163). Aşağıda Tablo 1'de endodontik tedavide yaygın olarak kullanılan şırınga iğneleri ile bunlara ait gauge ve uç ebatları gösterilmektedir (163):

İğne tipi	Materyal	Gauge	Hesaplanan ebat (mm)	Dış çap aralığı (min. ve mak.) (mm)		İç çap (min.) (mm)
KerrHawe Irrigation Probe	P.Ç.	21	0.8	0.800	0.830	0.490
KerrHawe Irrigation Probe	P.Ç.	23	0.6	0.600	0.673	0.317
KerrHawe Irrigation Probe	P.Ç.	25	0.5	0.500	0.530	0.232
KerrHawe Irrigation Probe	P.Ç.	30	0.3	0.298	0.320	0.133
Max-i-probe	P.Ç.	25	0.5	0.500	0.530	0.232
Max-i-probe	P.Ç.	30	0.3	0.298	0.320	0.133
Endo-Eze	P.Ç.	27	0.4	0.400	0.420	0.184
Miraject Endotec	P.Ç.	21	0.8	0.800	0.830	0.490
Miraject Endotec	P.Ç.	23	0.6	0.600	0.673	0.317
Miraject Endotec	P.Ç.	25	0.5	0.500	0.530	0.232
Stropko Flexi-Tip	Ni-Ti	30	0.3	0.298	0.320	0.133

Tablo 1. Endodontik pratikte yaygın kullanılan şırınga iğnelerinin gauge ve uç ebatları (163)

Geleneksel şırınga iğneleri ile irrigasyon yönteminde farklı ebatlara sahip iğnelerin yanı sıra değişik uç dizaynına sahip iğneler de kullanılmaktadır. Bunlar arasındaki en büyük farklılık iğne ucunun açık veya kapalı olmasıdır. Ancak bu uç dizaynları arasında herhangi bir üstünlük olup olmadığına dair literatürde herhangi bir görüş birliği söz konusu değildir. 2010 yılında Boutsoukis ve ark, farklı iğne ucu dizaynlarının kök kanalları içerisinde oluşturdukları akım tiplerini incelemek üzere yaptıkları bir çalışmada Computational Fluid Dynamics modelini kullanmışlardır (162). Söz konusu bu model matematiksel modelleme ve bilgisayar destekli simülasyon esasına dayanmaktadır (164). Bu model ile elde edilen simülasyonlar kök kanalı içerisindeki irrigantın oluşturduğu akım hızı, makaslama stresi ve basınç hakkında detaylı bilgiler vermektedir. İnceledikleri iğne tiplerinden açık uçlu olanları apekse doğru bir akım oluşturmakla birlikte irrigantın maksimum yer değişimine neden olmuştur. Sonuç olarak, açık uca sahip iğnelerin neden olduğu akım tipinin kapalı uca sahip olanlarınkinden farklı olduğunu ve açık uçlu iğnelerin önünde daha fazla irrigant değişimi ve ayrıca daha yüksek basınçların oluştuğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada

incelenen kapalı uca sahip iğne tiplerinden ‘multi-vented’ iğne tipinin diğerlerine kıyasla apikalde belirgin derecede daha düşük basınç oluşturduğu da tespit edilmiştir. Aşağıda bu çalışmada incelenen iğne tiplerinin şematik çizimleri gösterilmektedir (Resim 1):



Soldan sağa: künt uçlu, eğimli, yivli, side-vented, double side-vented, multi vented

Resim 1. İrrigasyonda kullanılan iğne tipleri ve şematik çizimleri (162)

İrrigasyon iğnesinin kök apeksine yakınlığı, daha büyük hacimde solüsyon ve daha küçük ebatlarda irrigasyon iğneleri kullanımının geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yönteminin etkinliğini geliştiren unsurlar olduğu ortaya çıkmaktadır. İrrigantın kök kanalı içerisinde daha etkin biçimde tazelenmesi ve debridman sağlaması açısından daha küçük ebatlara sahip iğnelerin kullanımı mantıklıdır. Ancak iğne ucunun apikal bölgedeki vital dokulara daha yakın konumlandırılması, irrigantın periapikal bölgeye taşma riskinin artması anlamına gelmektedir.

4.7 Ultrasonik İrrigasyon Yöntemi

Ultrasonik cihazlar, 1957 yılında Richman (42,165) tarafından kök kanal debridmanı amacıyla endodontiye adapte edilmesinden uzun yıllar önce periodontolojide kullanılmaktaydı. Martin ve ark (166) tarafından 1980 yılında ultrasonik bir ünit dizayn edilerek piyasaya sürülmüştür. Sonik enerjiye kıyasla ultrasonik enerji ile daha yüksek frekanslar ve daha düşük amplitüdler elde edilir. Bu amaçla kullanılan eğeler insan duyma sınırının üstünde olan 25-30 kHz ultrasonik frekans aralığında salınım yapacak şekilde dizayn edilmiştir (138).

Ultrasonik cihazlar başlangıçta kök kanal preparasyonu işlemini gerçekleştirmek amacıyla kullanılmıştır. Ultrasonik enerji eğeye enine düzlemde vibrasyon hareketi

yaptırarak mekanik ajitasyon etkisi sağlar (167). Ancak yapılan çalışmalarda ultrasonik preparasyon işlemi sırasında titreşim hareketi yapan eğenin kontrolünün oldukça zor olduğu gösterilmiştir (168-170). Kök kanal preparasyonu sonucunda elde edilecek şeklin kontrolü mümkün olmadığı gibi apikal perforasyonlar ve düzensiz şekiller oluşmuştur (169,171).

Kök kanallarının şekillendirilmesinde istenmeyen sonuçlara neden olan ve yeterli olmadığı gözükken ultrasonik enerjinin yakın zamanda sadece final irrigasyon işleminde pasif olarak kullanılması gündeme gelmiştir. PUİ işleminde kullanılan eğe, şekillendirilen kök kanalı içerisinde kanal duvarlarına herhangi bir şekilde temas etmeksizin sadece irrigasyon solüsyonunu ajite etmektedir.

PUİ işlemi ilk olarak Weller ve ark (1980) tarafından tanımlanmıştır (172). Çalışma prensibi, kanal sistemi içerisinde serbest salınım yapan eğenin akustik enerjisini kanal içerisindeki irrigasyon solüsyonuna iletmesi esasına dayanır. Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, ultrasonik enerjinin ultrasonik dalgalar vasıtasıyla iletildiği ve bu enerjinin irrigasyon solüsyonu üzerinde akustik akım ve kavitasyon etkisini uyardığı ifade edilmiştir (44,173-176).

PUİ’nda kök kanal preparasyonu tamamlandıktan sonra ultrasonik cihaza takılı #10 veya #15 no’lu bir eğe veya pürüzsüz bir tel mümkün olduğunca apikal bölgeye yakın olacak biçimde irrigasyon solüsyonu ile dolu olan kök kanalının merkezine yerleştirilir. Kök kanalı tam olarak şekillendirilmiş olduğundan ultrasonik eğe kanal içerisinde sıkışmaksızın serbest hareket eder. Böylece irrigasyon solüsyonu kanal sisteminin apikal bölümüne daha iyi ve daha kolay penetre olarak etkili bir temizlik sağlayabilir (174,176-178). PUİ’nda kök kanalı içerisinde istenmeyen preparasyon şekillerinin oluşumu da en düşük seviyeye inmektedir.

Ultrasonik cihazlar elektrik enerjisini belirli aralıkta frekanslara sahip ultrasonik dalgalara çevirmek suretiyle çalışır. Bu cihazlar ultrasonik enerjiyi ‘manyetostriksiyon’ ve ‘piezoelektrik’ yolla üretir. Literatürdeki mevcut bilgilere göre, manyetostriksiyon manyetik bir alana maruz bırakılan ferromanyetik bir materyalin deformasyonu ile elde edilir. Piezoelektrik ise uygulanan voltaja maruz kalan dielektrik kristallerindeki stres üretimi olarak tarif edilmektedir. Birçok çalışmada piezoelektrik sistem kullanılmıştır (142,143,175,179-184). Sadece bir çalışmada farklı yoğunlukta manyetostriksiyon ve piezoelektrik sistemi kullanan cihazlar karşılaştırılmıştır. Ancak ikisi arasında herhangi

bir farklılık bulunmamıştır (185). Söz konusu bu geniş çalışmada ultrasoniklerin bazı klinik varyasyonlarının kombinasyonu değerlendirilmiştir. Değerlendirilen bu varyasyonlar arasında şu parametreler mevcuttur:

- (a) manuel veya ultrasonik enstrümantasyon;
- (b) #35, #40, #45 veya #50 ebadına kadar apikal preparasyon;
- (c) her bir ege arasında irrigant olarak 1 mL su, %4 NaOCl veya EDTAC kullanımı;
- (d) üç farklı ultrason markası ve insersiyonu;
- (e) ‘düşük’, ‘orta’ veya ‘yüksek’ etkili güç çıkışı;
- (f) %4 NaOCl, EDTAC veya her ikisinin aynı sekansta kombine kullanımı ile post-enstrümantasyon ultrasonik irrigasyon. Sonuç olarak, her bir ege arasında 1 mL EDTAC ile irrigasyonun yapıldığı #40 apikal ebada kadar yapılan manuel enstrümantasyonun etkili kombinasyon olduğu ve en düşük seviyede smear tabakası bıraktığı bulunmuştur. Söz konusu bu rejim ultrason ile birlikte uygulanan kesikli EDTAC irrigasyonu ve akabinde yine ultrason ile uygulanan %4 NaOCl irrigasyonu ile desteklenmiştir.

4.8 Lazer Sistemleri

1971 yılında Weichman ve Johnson lazer sistemlerini endodonti alanında ilk kez uygulamışlardır. Yüksek güçlü kızılötesi karbondioksit lazer ile apikal forameni tıkamayı denemişlerdir (186). Bu tarihten sonra lazer sistemlerinin potansiyel endodontik uygulamaları önerilmiştir. Daha ince, daha esnek ve daha dayanıklı lazer fiberlerin geliştirilmesiyle birlikte endodonti alanındaki lazer uygulamaları artış göstermiştir. Buna karşın, lazer cihazların görece yüksek maliyeti bu sistemlere ulaşımı kısıtlamaktadır.

Lazer sistemlerin endodontideki kullanım alanları geniştir. Bunlar arasında pulpal durumun teşhisi, dentin hassasiyetinin tedavisi, pulpa kuafajı ve pulpotomi, kök kanallarının sterilizasyonu, kök kanallarının temizlenmesi, şekillendirilmesi ve obturasyonu ile endodontik cerrahi işlemler sayılabilir (187-193). Lazerler özellikle ana kök kanalı içerisindeki dokuları buharlaştırmak, smear tabakasını uzaklaştırmak ve kanalların apikal bölümlerinde var olan rezidüel doku ve mikroorganizmaları elimine etmek amacıyla kullanılabilir (194-197).

Lazer sistemlerin etkili olabilmesi birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bu faktörler arasında güç seviyesi, uygulama süresi, dokular tarafından absorbe edilen

ışık miktarı, kök kanalının geometrisi ve lazer ucu ile hedef arasındaki mesafe sayılabilir (198-201).

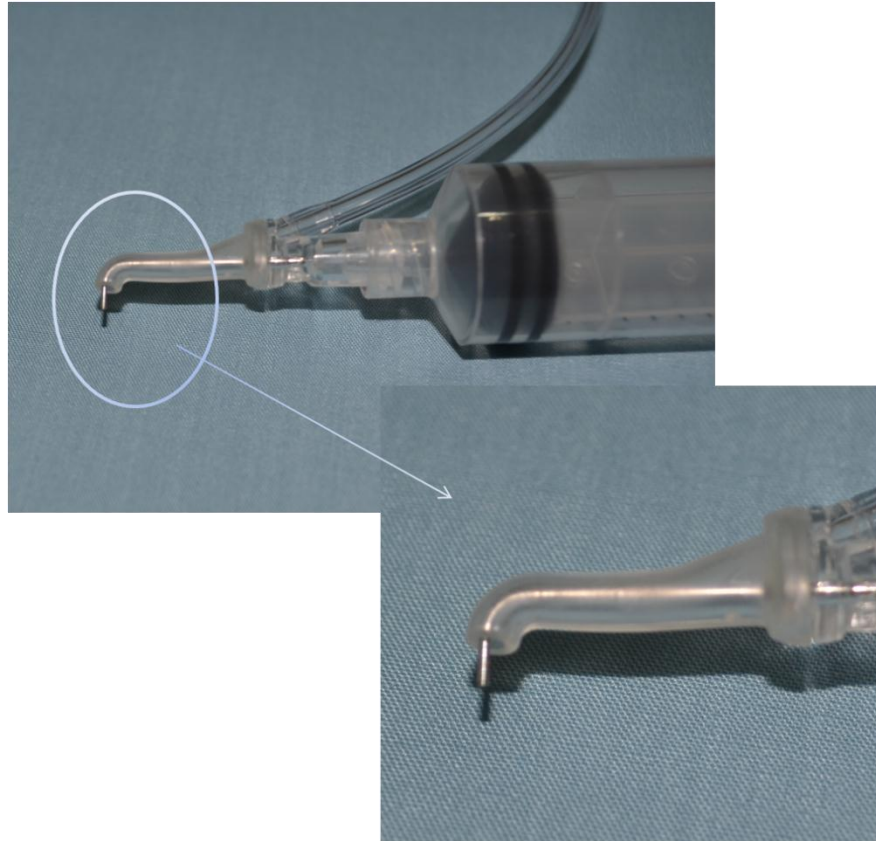
Farklı lazer tipleri ‘absorbsiyon katsayısı’ olarak tanımlanan parametreye bağlı olarak dental dokularla değişik yollarla etkileşime girerler. Su ve hidroksiapatit içerisinde iyi absorbe olan lazerler sert dokuya uygun lazerler olarak dikkate alınır. Sert doku uygulamalarına uyumlu ilk lazer Er:YAG lazerdir (2.94 µm). Son yıllarda yeni bir sert doku lazeri olan erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet (Er,Cr:YSGG) lazer kullanıma sunulmuştur. Er,Cr:YSGG lazer 2790 nm dalga boyuna sahiptir. Değişik çap ve uzunlukta özel dizayn ince ve esnek endodontik fiber uçları olup pulpal doku ve diş yapılarına kolay erişim sağlar. Ayrıca kök kanallarının obturasyonu amacıyla prepare edilmesine olanak sağlar. Kök kanalları içerisindeki kullanımına dair ısı artışı sebebiyle periodontal dokularda hasar oluşturabileceği şeklinde kaygılar söz konusu olup mevcut literatür bu etkisinin minimal düzeyde olduğunu rapor etmektedir (202). Ayrıca smear tabakası ve debris uzaklaştırmada da etkili olduğu belirtilmektedir (203-206).

Er,Cr:YSGG lazerler, erbiyum grubu lazerlerden olup katı kristalden oluşan aktif bir ortama sahiptir. Erbiyum lazerlerin su içerisindeki absorpsiyonu tüm lazerlerden daha fazladır. Kolajen ve hidroksiapatit için yüksek bir afiniteye sahiptir (207). Hidroksiapatit yapıya bağlı bulunan su, lazer enerjisini kolayca absorbe eder. Bu şekilde buharlaşan su hacimsel bir genişleme gösterir ve patlayarak çevresindeki materyalin uzaklaşmasına sebep olur. Çürük dentinin su içeriğindeki artış sayesinde erbiyum lazerler çürük dentini, sağlam dokuya göre daha kolay bir şekilde uzaklaştırır (207). Er,Cr:YSGG lazer sistemi de buna benzer biçimde hidrokinetik enerjiyi kullanır. Lazer enerjisi hemen yakınındaki su moleküllerine enerji transfer ederek su ve havayı ısıtır. Böylece su moleküllerinin yüksek hızda hareket etmesini sağlar. Söz konusu bu hidrokinetik enerji sayesinde Er,Cr:YSGG lazer kök kanallarını dezenfekte etme konusunda yüksek bir etkinlik gösterir (208).

4.9 Apikal Negatif Basınç İrrigasyon Yöntemi (EndoVac Sistem)

Yaklaşık 10 yıllık bir araştırmanın ürünü olarak G. John Schoeffel adlı araştırmacı EndoVac endodontik irrigasyon sistemini geliştirmiş ve bu ürün Discus Dental tarafından 2007 yılında piyasaya sürülmüştür (209). Bu sistemi oluşturan üç farklı unsur mevcuttur. Bu unsurları kök kanal preparasyonu ve final irrigasyon işlemleri sırasındaki

dört farklı aşamada ayrı ayrı olduğu kadar bazı durumlarda da birlikte kullanmak mümkündür. Bu aşamaları şu şekilde sıralayabiliriz; kanal ağzlarına giriş sağlanması, kanal preparasyonu, makro irrigasyon ve mikro irrigasyon. Bu aşamalarda söz konusu unsurların nasıl kullanıldığının tanımlanması gerekmektedir. Bunlardan ilki master delivery tip (MDT) adı verilen ve dental ünite mevcut bulunan tükrük emiciye hortumla bağlanan parçadır (Resim 2). MDT özel dizayn edilmiş eş zamanlı bir irrigasyon iletim ve tahliye sistemidir. Herhangi bir irrigasyon solüsyonunu pulpa odasına bol miktarlarda iletmekte ve fazla miktardaki solüsyonu tahliye etmektedir. Kullanılan dişte sabit konumda tutulmakta ve vertikal yönde herhangi bir hareketi söz konusu olmamaktadır. İrrigasyon solüsyonunun iletildiği uç kısmı tahliye başlığından iki mm ilerde konumlanmakta ve dişin marjinal kron duvarı üzerine çengel gibi bağlanmaktadır. Uzunluğunun kısa olması hem ön hem de arka dişlerde kullanımına olanak sağlamaktadır. Ayrıca kök kanal preparasyonu işlemi sırasında hekim ve yardımcı personel tarafından kanal ağzı girişinin kapanmasını önlemektedir (210).



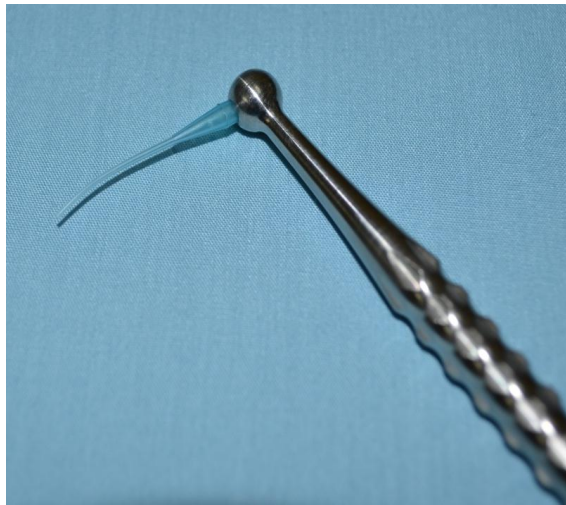
Resim 2. Master delivery tip (MDT)

Tüm kök kanallarının yerleri tespit edilip çalışma boyları belirlendikten sonra EndoVac sistem kullanılmaya başlanır. Kök kanal preparasyonu sürecinde kullanılan enstrüman tipine bağlı olmaksızın kanal ağızları ve koronal bölgenin genişletilme işleminde en fazla miktarda dentin debris üretilir (210). Dolayısıyla bu işlem sırasında MDT koronal genişletme sağlayan enstrümanlarla eş zamanlı kullanılıp bol miktarda solüsyonun pulpa odasına iletim ve tahliyesine olanak tanır (210).

İkinci aşama olan manuel veya döner enstrümanlarla kök kanal preparasyonu işlemi sırasında yine oluşan büyük miktarlardaki debris ve çözünen organik yapıların ortamdan uzaklaştırılması MDT ile mümkün olmaktadır. MDT ile sağlanan devamlı solüsyon akışı ortaya çıkan debrisin koronal bölgeye doğru hareket etmesini kolaylaştırır (210).

Kök kanal preparasyon işlemleri tamamlandıktan sonra üçüncü aşama olan makro irrigasyona geçilir. Bu aşamada makro kanül kullanılarak kök kanal sistemi içerisinde mikro yapıda bir girdap oluşturulmaya çalışılır. Makro kanül kök kanal sisteminin duvarları boyunca basınçla birlikte yıkama etkisi oluşturur. Oluşturulan bu mikro yapıdaki girdap, MDT ile en azından 15-20 mL irrigasyon solüsyonu pulpa odasına gönderilirken yaklaşık 20 saniye kadar devam eder (210).

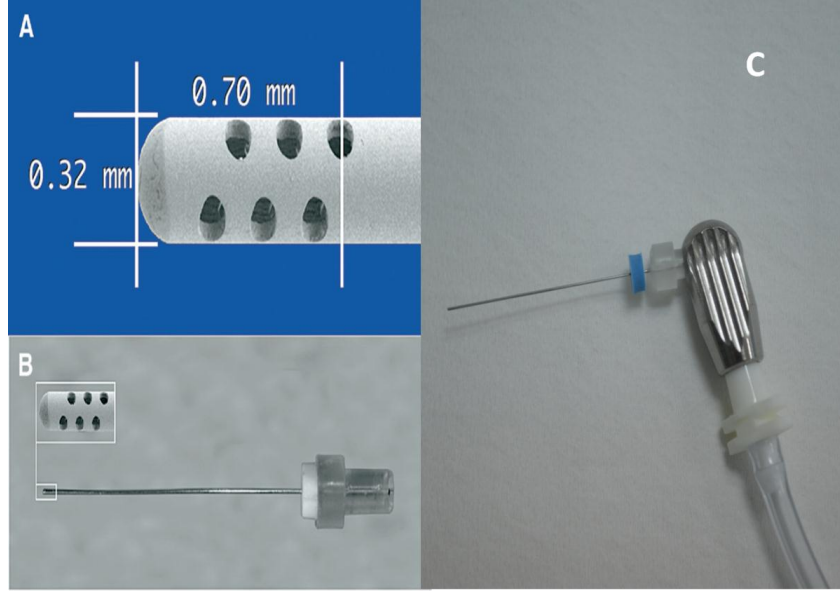
Makro kanül polipropilenden imal edilen mavi renkte esnek ve transparan plastik bir yapıda olup hekimin rahat kullanabilmesi amacıyla titanyum bir başlığa takılarak kullanılır (Resim 3). Kanül 0.02 taper'a sahip olup uç kısmı açık ve eksternal çapı 0.55 mm ve internal çapı 0.35 mm'dir. MDT ile eş zamanlı kullanılarak kök kanal sisteminin koronal 2/3'ünün basınçlı yıkanmasına olanak sağlar (210).



Resim 3. Titanyum başlık ve makro kanül

Hekim makro kanülü kök kanalı içerisinde mümkün olduğunca apikale konumlandırır. Daha sonra yardımcı personel tarafından 20 mL'lik şırıngadan 20 saniyede yaklaşık 15 mL oranında irrigasyon solüsyonu iletilirken hekim de makro kanülü kanal ağızları ile apikal ilerleme mesafesi arasında yukarı-aşağı yönde hareket ettirir. Bu aşamada makro kanülün transparan yapısı sayesinde hekim kanül içerisindeki solüsyon akışını, hava kabarcığı oluşumunu veya büyük ebatlardaki debrisin polipropilen boyunca tahliye edilmesini rahatça görebilir. Şayet kanül boyunca devam eden akım kesilirse debris tarafından kanülün tıkanmış olduğu anlaşılabılır. Böyle bir durumda kanül dış ortama çıkarılır. Debris kanül ucunda ise gazlı bezle tutularak silinir. Kanül içerisinde ise hava spreyi ile uzaklaştırılır. Irrigasyon işlemine devam edilir. Makro kanül ile yapılan bu işlem, kanalın koronal 2/3'ünden dentin debrisinin tam olarak uzaklaştırılmasını sağlamakla birlikte, daha sonra mikro kanül ile yapılacak olan mikro irrigasyon işlemi sırasında mikro kanülün mikroskobik deliklerinin muhtemel tıkanmalarını önleyecektir (210).

EndoVac sistemin önemli bir parçası ISO #32 ebadına denk gelen eksternal çapa sahip, paslanmaz çelikten imal edilen mikro kanüldür (Resim 4). Bu kanülün uç kısmı kapalı ve yuvarlatılmış yapıdadır. Bu yapısı sayesinde eğimli kanallarda kolayca ilerleyebilmekte ve irrigasyon işlemi sırasında tıkanması önlenmektedir. Kanülün apikal 0.2 ile 0.7 mm'lik bölümünde 0.1 mm çapa sahip 12 adet mikroskobik delik mevcuttur. Bu delikler üçerli dört sütun halinde yerleştirilmiş olup bunların iki görevi vardır. Bunlardan birincisi endodontik irrigantları bol miktarda ve direkt olarak çalışma boyunun en son 0.2 mm'lik bölümüne iletmek ve diğeri mikro kanül lümeninin (internal çap) tıkanmasını önlemek amacıyla bir filtrasyon sistemi olarak vazife görmektir (210). Dr. G. John Schoeffel, bu deliklerden en azından üç tanesinin temiz ve açık kalması halinde irrigant akımının etkilenmeyeceğini ifade etmiştir (210).



Resim 4. Mikro kanül ve mikroskobik delikleri

EndoVac sistem kök kanal sistemlerinin debridmanı ve dezenfeksiyonu amacıyla geleneksel irrigasyon yöntemlerinin aksine apikalde negatif bir basınç oluşturmaktadır (209). Bu sistemin geliştirilmesindeki başlıca amaç, şekillendirilen kök kanalları içerisinde periapikal dokulara herhangi bir taşma riski söz konusu olmaksızın tam çalışma boyuna kadar bol miktarda irrigasyon solüsyonunun iletilmesinin sağlanmasıdır.

Schoeffel'e göre, herhangi bir irrigasyon solüsyonunun kanal içerisindeki tüm debris ve mikrobiyal ürünleri mekanik olarak uzaklaştırabilmesi için üç hedefe ulaşması gerekmektedir. Bunlardan birincisi, apekse ve çalışma boyuna tam olarak ulaşabilmelidir. İkincisi kök kanalı içerisinde güçlü bir akım veya dalga oluşturabilmeli ve üçüncüsü de tüm artıkları apikalden koronale doğru taşıyabilmelidir (209).

2002 yılında Bradford ve ark (211), yaptıkları çalışmada kök kanal sistemlerini kurutabilmede kullanılabilecek en güvenilir hava basınçlı yöntemi araştırmışlardır. Kök kanallarını kurutmada pozitif hava basıncı yerine vakum yönteminin daha üstün olabileceği sonucuna varmışlardır.

Bu çalışmanın amacı; kanal içi debris ve smear tabakasının uzaklaştırılması bakımından geleneksel şırınga irrigasyonu, PUI ve EndoVac irrigasyon yöntemlerini birbirleriyle ve Er,Cr:YSGG lazer sistemiyle in vitro ortamda karşılaştırmalı olarak incelemektir.

GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışmadaki örnek hazırlama ve irrigasyon/ajitasyon protokollerinin uygulanması Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Kliniği ve Lazer Ünitesi'nde gerçekleştirilmiştir. SEM incelemeleri ise Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Malzeme Bilimleri Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

5.1 Örnek Seçimi ve Hazırlanması

Bu çalışmada ortodontik veya periodontal nedenlerle yeni çekilmiş 60 adet çürüksüz tek köklü insan kanin dişleri kullanıldı. Dişler, çekim sonrasında 15 dk kadar %2.5'lik NaOCl solüsyonu içerisinde bekletilerek kök yüzeyi üzerindeki organik artıkların uzaklaşması sağlandı. Çalışmaya dahil edilecek dişlerin kök oluşumunu tamamlamış olmasına, çürük, çatlak, kırık ve herhangi bir restorasyona sahip olmamasına ve minimal düzeyde bir eğime sahip olmasına dikkat edildi. Benzer ebatlarda dişler seçilip her bir dişin sadece tek bir kök kanalına sahip olduğunun onaylanması amacıyla bukkal-lingual ve mezyo-distal yönde radyograflar alındı. Köklerin üzerindeki plak veya kalsifiye sert dokular periodontal küretlerle uzaklaştırıldı. Dişler kullanım öncesinde herhangi bir bakteriyel gelişimin önlenmesi amacıyla +4 °C'de ve %100 nemli ortamda, %0.02 sodyum azid ile desteklenen %0.9 NaCl solüsyonu içerisinde bekletildi.

5.2 Kök Kanal Preparasyonu

Her bir dişin kron bölümü standart kök uzunluğu ve çalışma boyu elde edilmesi amacıyla mine-sement birleşim seviyesinin altından soğuk su soğutması altında çalışan elmas frezlerle uzaklaştırıldı. Kök boyları 16 ± 0.5 mm'ye ayarlanarak pulpa odalarına erişim sağlandı. #10 K-File eğe (Mani Inc., Tochigi, Japonya) kullanılarak apikal patensi kontrol edildi. Çalışma boyu her bir kanalın apikal forameninden çıktığı gözle görülen #15 K-File paslanmaz çelik el eğesinin boyundan bir mm çıkarılarak tespit edildi.

Örneklerin çalışma boyu tespit edildikten sonra klinik koşulların taklit edilebilmesi amacıyla apikal bölümleri pembe-sarı mum ile kapatılarak kapalı kanal sistemleri elde edilmeye çalışıldı. Enstrümantasyon ve final irrigasyon işlemlerinin kolay uygulanabilmesi amacıyla dişler üç cm çapında silindirik plastik kaplar içerisindeki polivinilsiloksan ölçü maddesi içerisine daldırıldı ve sabitlendi. İşlem

sırasında rahat çalışılabilmesi ve işlem bitiminde ölçü maddesi içerisinde kolaylıkla çıkarılabilmesi için kök örnekleri koronal 2-3 mm'lik seviyesi ölçü maddesi dışında kalacak şekilde yerleştirildi (Resim 5).



Resim 5. Plastik kaplar içerisinde şekillendirilmiş köklerin polivinilsiloksan ölçü maddesi ile sabitlenmesi

Keskin uçlu ekskavatörler ve el eğeleri sırasıyla #20 K-File el eğesine kadar kullanılarak kron ve kök pulparları çıkarıldı. Daha sonra iki, üç ve dört numaralı Gates-Glidden frezler (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ve ProTaper SX (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) eğesi kullanılarak kök kanallarının koronal bölümleri genişletildi.

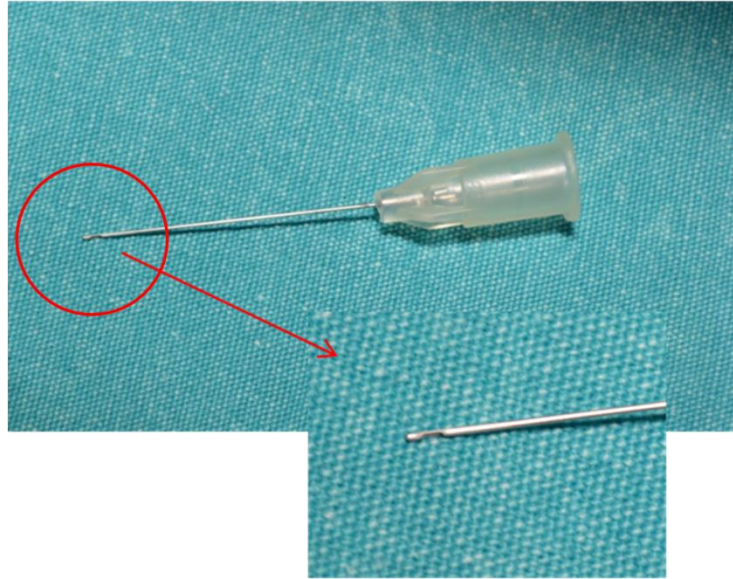
Koronal bölümlerin flaring işlemi sonrasında ProTaper döner nikel-titanyum kanal eğeleri üretici firmanın talimatları doğrultusunda 300 devir/dk hızda kullanılarak kök kanallarını şekillendirme işlemine başlandı. Ardından S1 ve S2 eğeleri ile koronal ve orta üçlünün şekillendirme işlemi tamamlandı. Daha sonra sırasıyla F1, F2, F3, F4 ve F5 numaralı eğeler kullanılarak apikal bitirme işlemi tamamlandı. Son kullanılan alet olan F5'in apikal çapı 50 numara ve uç taper'ı 0.05 şeklinde idi.

Preparasyon işlemleri sırasında kök kanalı her bir eğe kullanımı sonrasında 1 mL %2.5'lik NaOCl ile yıkandı. Daha sonra dişler her biri 15 adet kökten oluşan dört farklı gruba ayrıldı. Kök kanal duvarları üzerinde preparasyon işlemleri sırasında oluşan smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla kanallar 5 mL %17'lik EDTA ile bir dakikalığına irriga edildi.

5.3 Final İrrigasyonu

Her bir grupta üç dakikası aktif irrigasyon olmak üzere toplamda altı dk irrigasyon süresi uygulandı. İlgili gruplarda irrigasyon protokolleri şu şekilde uygulandı:

Grup 1: Bu grupta kök kanallarının final irrigasyonu için geleneksel şırınga yöntemi kullanıldı. Bu amaçla 2.5 mL'lik şırınga (Ayset A.Ş., İstanbul, Türkiye) ile birlikte kullanılan 30 gauge ebadında ucu kapalı ve yandan açılan endodontik irrigasyon iğnesinden (KerrHawe SA, Bioggio, İsviçre) yararlanıldı (Resim 6). Final irrigasyonda kök kanalları sırasıyla bir dk 2.5 mL %2.5'lik NaOCl ile ardından yine bir dk 2.5 mL %17'lik EDTA ile ve son olarak yine bir dk 2.5 mL %2.5'lik NaOCl ile irrigate edildi. Bir dakikalık her bir aktif irrigasyon süresi boyunca şırınga iğnesi ile aşağı-yukarı yönde hareketlerle ajitasyon sağlandı. Sonrasında bir dk beklenerek pasif irrigasyon yapıldı. Sonuçta üç dakikası aktif olmak üzere toplam altı dk irrigasyon işlemi uygulandı.



Resim 6. Uç kısmı kapalı ve yan tarafı açık (side-vented) endodontik irrigasyon iğnesi

Grup 2: Bu grupta final irrigasyon işlemi için pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) yöntemi kullanıldı. Bu amaçla kök kanalı 2.5 mL %2.5'lik NaOCl ile doldurulduktan sonra PUI işlemi piezoelektrik bir ünit (EMS Electro Medical Systems, Nyon, İsviçre) ile gerçekleştirildi (Resim 7). #15 paslanmaz çelik bir eğe (Varios U file; Nakanishi, Inc., Tochigi, Japonya) kök kanalı içerisinde çalışma boyundan bir mm kısa mesafede yerleştirilerek kanal içerisindeki irrigasyon solüsyonu bir dk süresince ultrasonik olarak aktive edildi. Devamında bir dk beklendikten sonra kök kanalı 2.5 mL %17'lik EDTA

ile yıkandı. Aynı şekilde bir dk ultrasonik aktivasyon uygulanarak yine bir dk beklendi. Son aşamada kök kanalı tekrar %2.5'lik NaOCl ile doldurularak bir dk ultrasonik ajitasyon uygulandı ve yine bir dk beklendi.

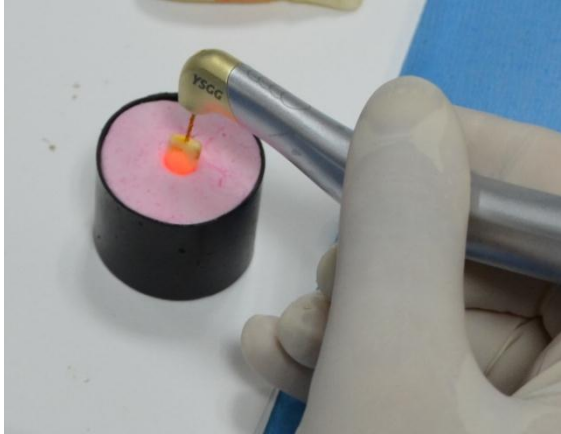


Resim 7. Piezoelektrik ünit ve ultrasonik titreşim yapan paslanmaz çelik eğe

Grup 3: Bu grupta kök kanallarındaki smear tabakası ve debrisin uzaklaştırılması amacıyla Erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet (Er,Cr:YSGG) lazer sisteminden (Waterlase MD; Biolase Technology, Inc, San Clemente, CA, ABD) yararlanıldı (Resim 8). Üretici firma talimatları doğrultusunda 0.75 W, 20 Hz, %10 hava ve susuz mod ayarları kullanıldı. 2.5 mL %2.5'lik NaOCl ile doldurulan kök kanalı içerisine 0.27 mm çapa sahip bir RFT2 fiber optik uç (RFT2 Endolase, Biolase Technology, Inc) çalışma boyunda (15 mm) yerleştirildi ve aktive edildi. Yavaş hareketlerle kök kanalından dışarıya doğru geri çekildi (Resim 9). Söz konusu bu fiber optik uç, kök kanalının her bir duvarına (mezyal, distal, bukkal ve lingual) 15 sn temas ettirildi. Toplamda her bir kanala bir dk uygulanmış oldu. Bir dk pasif şekilde beklendikten sonra kök kanalı 2.5 mL %17'lik EDTA ile yıkandı ve aynı şekilde toplam bir dk daha lazer irradyasyonuna maruz bırakıldı. Tekrar bir dakikalık pasif bekleme süresinden sonra kök kanalına yine 2.5 mL %2.5'lik NaOCl doldurulduktan sonra yine bir dk lazer sistemi ile dezenfeksiyon işlemi yapıldı. Devamında son kez olarak bir dk pasif şekilde beklendi.



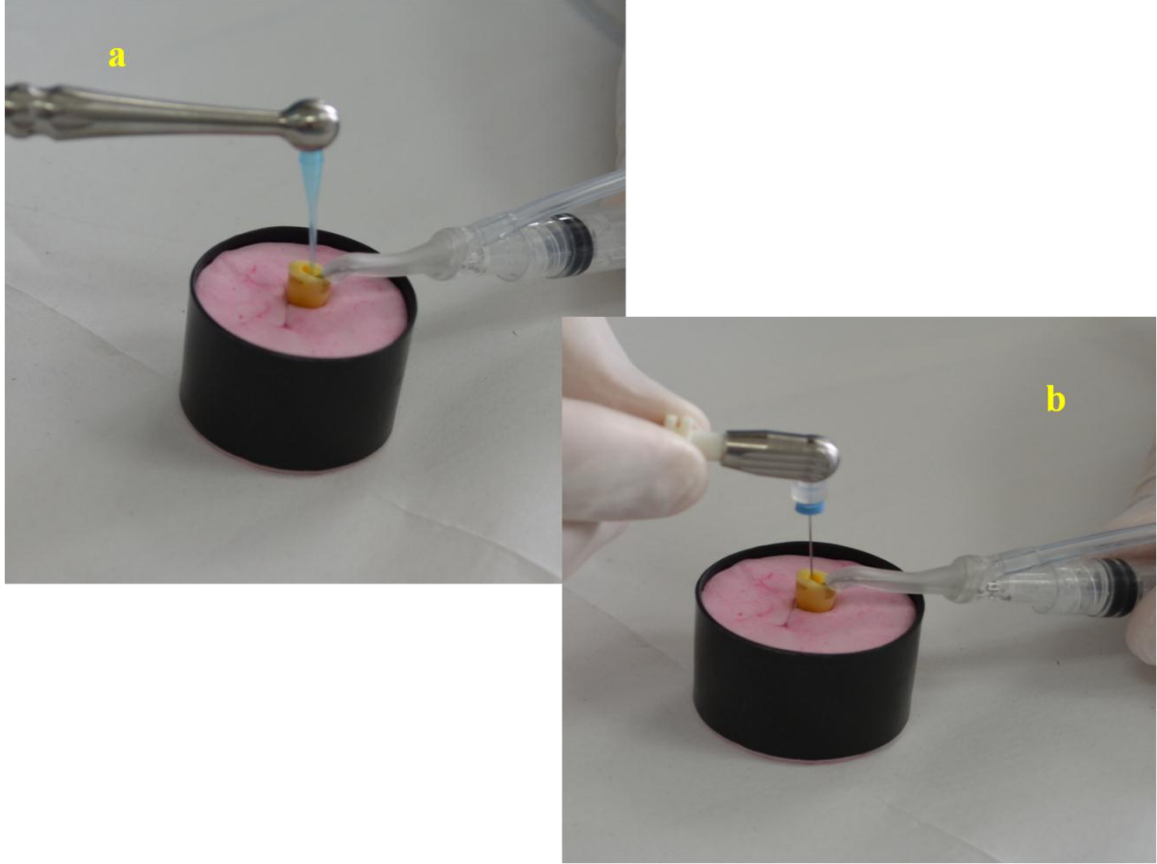
Resim 8. Er,Cr:YSGG lazer



Resim 9. Er,Cr:YSGG lazer sisteminin kök kanalı içerisinde kullanımı

Grup 4: Bu grupta final irrigasyon işlemi amacıyla piyasaya yeni sürülen apikal negatif basınç irrigasyon yöntemi (EndoVac; Discus Dental, Culver City, ABD) kullanıldı (Resim 10). Bu gruptaki kök kanallarına irrigasyon protokolü şu şekilde uygulandı: Öncelikle 2.5 mL %2.5'lik NaOCl solüsyonu kullanılarak kök kanalına 30 sn süresince makro kanül ile aktif irrigasyon uygulandı ve 30 sn pasif şekilde beklendi. Daha sonra mikro kanül kullanımına geçildi. Öncelikle kök kanalına 2.5 mL %2.5'lik NaOCl solüsyonu kullanılarak mikro kanül ile 30 sn süresince aktif irrigasyon yapıldı.

Sonrasında 30 sn pasif şekilde beklendi. Daha sonra kök kanalı mikro kanül kullanılarak 2.5 mL %2.5'lik EDTA ile bir dk irriye edildi ve bir dk pasif şekilde beklendi. Son aşamada kök kanalı mikro kanül kullanılarak tekrar bir dk boyunca 2.5 mL %2.5'lik NaOCl solüsyonu ile yıkandı ve bir dk pasif şekilde beklendi.



Resim 10. EndoVac sistem kullanımı a: Makro kanül, b: Mikro kanül

Bütün gruptaki irigasyon protokolleri sonunda kök kanalları 2.5 mL steril distile su ile yıkandı ve çok sayıda kağıt konularla kurulandı. Daha sonra her bir kanal ağzı Coltosol (Coltosol, Colten, Langenau, Almanya) ile geçici olarak kapatıldı ve kökler %0.9 NaCl ve %0.02 sodyum azid solüsyonlarını içeren etiketlenmiş ayrı şişeler içerisinde bekletildi.

Bu çalışmada değerlendirilen deney gruplarında uygulanan irigasyon protokolleri Tablo 2’de özet olarak gösterilmektedir.

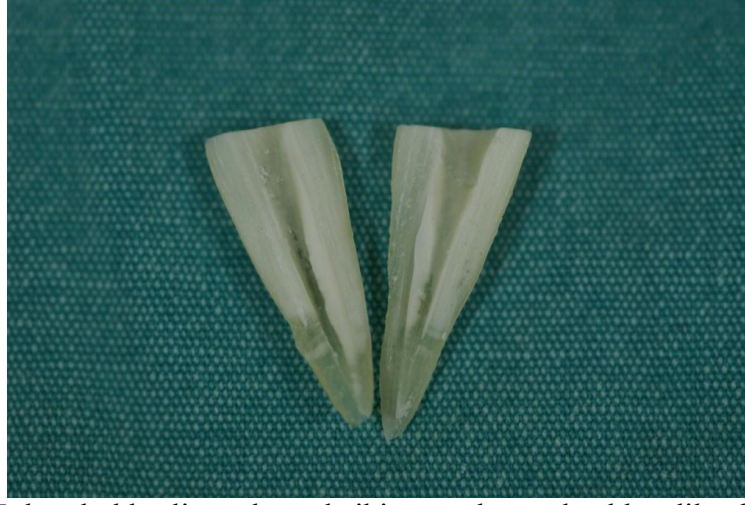
Grup	Final İrrigasyon
Geleneksel şırınga yöntemi	2.5 mL %2.5'lik NaOCl ile 1 dakika pasif bekleme; 1 dakika 2.5 mL %17'lik EDTA ile 1 dakika pasif bekleme; 1 dakika 2.5 mL %2.5'lik NaOCl ile 1 dakika pasif bekleme; 1 dakika 2.5 mL steril distile su ile 1 dakika 3 dakika aktif + 3 dakika pasif = toplam 6 dakika
Pasif ultrasonik irrigasyon	2.5 mL %2.5'lik NaOCl ile dolu kanala 1 dakika aktivasyon pasif bekleme; 1 dakika 2.5 mL %17'lik EDTA ile dolu kanala 1 dakika aktivasyon pasif bekleme; 1 dakika 2.5 mL %2.5'lik NaOCl ile dolu kanala 1 dakika aktivasyon pasif bekleme; 1 dakika 2.5 mL steril distile su ile 1 dakika 3 dakika aktif + 3 dakika pasif = toplam 6 dakika
Er,Cr:YSGG lazer sistemi	2.5 mL %2.5'lik NaOCl ile dolu kanala 1 dakika aktivasyon pasif bekleme; 1 dakika 2.5 mL %17'lik EDTA ile dolu kanala 1 dakika aktivasyon pasif bekleme; 1 dakika 2.5 mL %2.5'lik NaOCl ile dolu kanala 1 dakika aktivasyon pasif bekleme; 1 dakika 2.5 mL steril distile su ile 1 dakika 3 dakika aktif + 3 dakika pasif = toplam 6 dakika
EndoVac sistem	2.5 mL %2.5'lik NaOCl ile dolu kanala 30 saniye makro kanül pasif bekleme; 30 saniye 2.5 mL %2.5'lik NaOCl ile dolu kanala 30 saniye mikro kanül pasif bekleme; 30 saniye 2.5 mL %17'lik EDTA ile dolu kanala 1 dakika mikro kanül pasif bekleme; 1 dakika 2.5 mL %2.5'lik NaOCl ile dolu kanala 1 dakika mikro kanül pasif bekleme; 1 dakika 2.5 mL steril distile su ile 1 dakika 3 dakika aktif + 3 dakika pasif = toplam 6 dakika

Tablo 2. Deney gruplarında uygulanan final irrigasyon protokolleri

5.4 Örneklerin SEM İncelemesi İçin Hazırlanması

Her bir kök, içerisinde saklanmış olduğu etiketlenmiş şişeden çıkarıldı ve apikal foramenler siyanoakrilat siman ile kapatıldı. Daha sonra kökler Parente ve ark (2010)'nın yöntemindeki gibi bukko-lingual yönde uzunlamasına ikiye bölündü (212). Bu ikiye bölme işlemini kolaylaştırmak üzere su soğutması altında hızlı dönen bir elmas frez kullanılarak her bir kökün bukkal ve lingual eksternal yüzeylerinde oluklar açıldı. Bu olukların hazırlanması sırasında su spreyinden kaynaklı herhangi bir kontaminasyonun olmaması amacıyla özenle çalışılarak kök kanal boşluğunun iyatrojenik perforasyonundan kaçınılmaya çalışıldı. Daha sonra keskin bir bistüri oluklardan herhangi birine yerleştirildi. İki parmak arasında sabitlenen köke bistüri ile hafif bir basınç uygulanarak köklerin ayrılması sağlandı. Sonuçta, her bir grup için

toplam 15 adet örnek elde edildi. Resim 11’de bu işlem sonunda elde edilen bir örnek gösterilmektedir.



Resim 11. Kökün bukko-lingual yönde ikiye ayrılmasıyla elde edilen bir örnek

Mikroskopik değerlendirme için her bir kökün en uygun durumdaki yarım parçası seçildi. Her bir örnek deiyonize su içerisine batırılması sonrasında gittikçe artan konsantrasyonlardaki etanol solüsyonları içerisinde dehidrate edildi. Sırasıyla üçer kez olmak üzere birer saat süreyle %50, %70, %80, %95 ve %100’lük konsantrasyona sahip etanol solüsyonuna batırıldı. Bu işlemler sırasında örnek yüzeylerinin hava ile temas etmemesine dikkat edildi. Etanol solüsyonuna doymuş bu örnekler daha sonra hekzametildisilazan (HMDS)/etanol karışımı içerisine daldırıldı (30 dk 1:1 ve 30 dk 2:1 oranında). Bu işlemi örneklerin saf HMDS içerisine daldırılması takip etti. Bu sayede gece boyunca gerçekleşen buharlaşma ile örneklerin kurutulması sağlandı ve de NaOCl solüsyonu ile tam olarak çözilemeyen geride kalan herhangi bir yumuşak dokunun kollapsı önlenmiş oldu. HMDS içerisinde kurutma işlemi sonrasında örnekler akrilik bloklarda sabitlendi. Resim 12’de bazı örneklerin akrilik bloklar içerisindeki görünümü gösterilmektedir.



Resim 12. Akrilik bloklarda sabitlenen örnekler

Örnekler daha sonra alüminyum plakalar üzerine yerleştirilerek Polaron SC502 kaplama cihazında 100-120 A° aralığında altın/paladyum ile kaplandı ve 10 kV'da çalışan bir JSM-6400 SEM (JEOL, Tokyo, Japonya) altında incelendi. Resim 13, 14 ve 15'te örneklerin altınla kaplanma işlemi, altınla kaplanan bir örnek ve çalışmada kullanılan SEM gösterilmektedir.



Resim 13. Örneklerin altın/paladyum ile kaplanması



Resim 14. Altın/paladyum ile kaplanmış örneklerin görünümü

İlk olarak kanal lümeni izlenerek kök kanallarının incelenecek koronal, orta ve apikal 1/3 bölgelerinin tespiti amacıyla örnekler düşük büyütme altında görüntülendi. Akabinde her bir kanal üçlü bölgesindeki debris ve smear tabakası uzaklaştırma etkinliğinin değerlendirilmesi amacıyla x1000 büyütme kullanıldı.



Resim 15. Çalışmada kullanılan SEM görüntüsü

Görüntüler x1000 büyütme altında elde edildi. Örneklerin koronal, orta ve apikal üçlü bölgelerindeki kanal duvarları geride kalan debris ve smear tabakası miktarı açısından değerlendirildi. Debris ve smear tabakası varlığı açısından, orta ve koronal bölgelerde kalkosferitleri içeren bölgeler ile apikal bölümde apikal konstriksiyonun ötesinde kalan 0-2 mm'lik bölgeler gibi enstrümantasyon yapılmayan alanlar

değerlendirme haricinde tutuldu (212). Her bir yarım kök için koronal, orta ve apikal bölgelerden ikişer adet görüntü elde edildi. Sonuç olarak, 60 adet kökün üç farklı lokalizasyonundan ikişer tane görüntü olmak üzere toplam 360 adet görüntü elde edildi. Görüntüler, çalışmadaki deney grupları hakkında herhangi bir bilgisi olmayan bağımsız bir operatör tarafından enstrümente edilemeyen bölgelerin seçiminden kaçınılması direktifi doğrultusunda rastgele bölge seçimi yöntemiyle elde edildi. Gözlemcilerin değerlendirmesi sonrasında her bir kanal üçlü bölgesinden alınan ikişer adet görüntünün ortalama değeri kullanıldı.

5.5 Görüntülerin Değerlendirilmesi

Elde edilen görüntüler, SEM morfolojisinin yorumlanmasında deneyimli olan ve körleştirilmiş bağımsız iki gözlemci tarafından değerlendirildi. Değerlendirme süreci sırasında iki gözlemci arasında skorlama konusunda fikir ayrılığı söz konusu olduğu durumlarda görüntüler hakkında tartışılarak ortak bir karara varmaları sağlandı. Değerlendiricilerden her bir örnek için koronal, orta ve apikal bölgelerinden alınan görüntüleri ayrı ayrı skorlamaları istendi.

Smear tabakasının skorlanması amacıyla daha önce tarif edilen beş seviyeli skorlama sistemi kullanıldı (212). Buna göre;

- (1) smear tabakası hiç yok, tübüllerin çoğunluğu açık ve debris içermiyor (koronal ve orta üçlü) veya sklerotik parçalarla tıkalı (apikal üçlü);
- (2) smear tabakası, kanal duvarları ve dentin tübüllerinin %25'inden daha azını kaplıyor;
- (3) smear tabakası, kanal yüzeyi ve tübüllerin %25 - %50'sinde mevcut;
- (4) smear tabakası, kanal yüzeyi ve tübüllerin %50 - %75'inde mevcut ve
- (5) smear tabakası, kanal yüzeyi ve tübüllerin %75 - %100'ünü kaplıyor.

Farklı irrigasyon protokollerinin debris uzaklaştırma etkinliğinin değerlendirilmesi için de yine beş seviyeli skorlama sisteminden yararlanıldı (212). Buna göre;

- (1) kanal duvarları temiz, sadece çok az miktarda debris partikülü mevcut;
- (2) çok küçük birikintiler mevcut;
- (3) kanal duvarlarının %50'sinden azını kaplayan çok sayıda birikinti mevcut;
- (4) kanal duvarlarının %50'sinden fazlasını kaplayan birikinti mevcut ve
- (5) kanal duvarlarının tamamı birikintilerle kaplı.

5.6 İstatistiksel Değerlendirme

Çalışmada elde edilen görüntüler iki endodonti uzmanı gözlemci tarafından değerlendirildi. Her bir gözlemcinin kendi içindeki ve iki gözlemci arasındaki uyum ve tekrarlanabilirliğin tespit edilmesi amacıyla 20 adet görüntü bir hafta arayla rastgele bir düzende üçer kez değerlendirildi. Bu işlem her bir seferde incelenen örneğin hangi deney grubuna ait olduğu bilinmeden ve önceki sonuçlardan herhangi bir fikir sahibi olunmadan gerçekleştirildi. Bu sayede elde edilen subjektif verilerin geçerliliği denetlendi. Gözlemciler arasında her bir süre periyodunda mevcut tekrarlanabilirliğin ve de ayrı ayrı her bir gözlemci için farklı süre periyotlarındaki gözlemci içi tekrarlanabilirliğin ölçülmesi amacıyla ağırlıklı kappa katsayısı (K_w) hesaplandı.

Her bir örneğin her bir seviyesinden alınan ikişer adet görüntüye ait olan tüm debris ve smear skorları kaydedildi. Bu skorlar kullanılarak her bir grup içerisinde koronal, orta ve apikal üçlü şeklinde üç değişik bölge arasındaki ve de gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla istatistiksel analizler yapıldı. Gruplar arasındaki farklılıkların ve her bir grup içerisindeki kanalların koronal, orta ve apikal üçlü bölgelerindeki farklılıkların analizi için Mann Whitney U ($p < 0.05$) ve Kruskal Wallis ($p < 0.05$) testleri kullanıldı.

BULGULAR

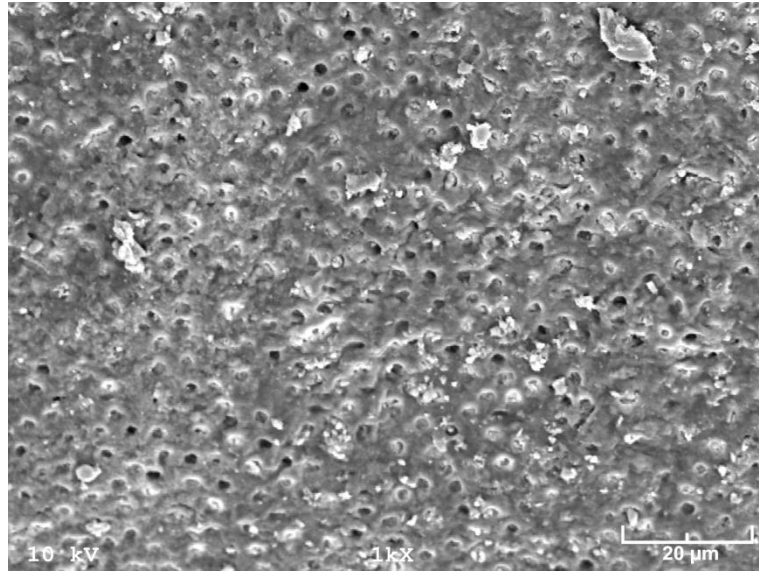
Çalışmamızın bulguları iki bölümde değerlendirildi. Birinci bölümde her bir gruptaki debris uzaklaştırma skorları karşılaştırılırken, ikinci bölümde smear tabakası skorları karşılaştırılarak hangi yöntemin daha etkili olduğu tespit edilmeye çalışıldı. Bunun yanı sıra her bir grubun kendi içerisinde farklı kanal bölgelerindeki (koronal, orta ve apikal) skorlar da karşılaştırılarak yöntemin hangi kanal seviyesinde ne derece etkin olduğu da incelendi.

Gözlemciler arasındaki tekrarlanabilirlik hem debris hem de smear tabakası skorları açısından mükemmel seviyede bulundu (0.81 - 1.0) (213). Öyle ki ilgili ağırlıklı kappa değerleri debris skorları için 0.95 ve smear skorları için 0.91'dir. Gözlemci içi tekrarlanabilirlik ise debris skorları için 0.85 seviyesinde bulunurken smear skorları için bu değer 0.78 şeklinde gerçekleşti.

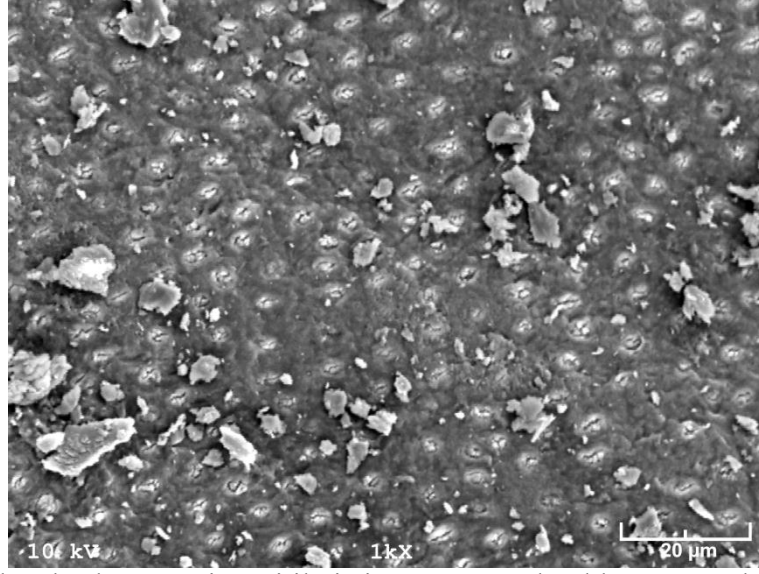
Çalışmamızda; ikiden fazla grup veya kanal üçlü bölgesi arasında çoklu karşılaştırma yapmak amacıyla Kruskal Wallis H testi kullanıldı. Bununla birlikte gruplar veya kanal üçlü bölgeleri arasında anlamlı bir farklılık olduğunda ikili karşılaştırma yapmak amacıyla Mann Whitney U testi kullanıldı.

6.1 Debris Uzaklaştırma

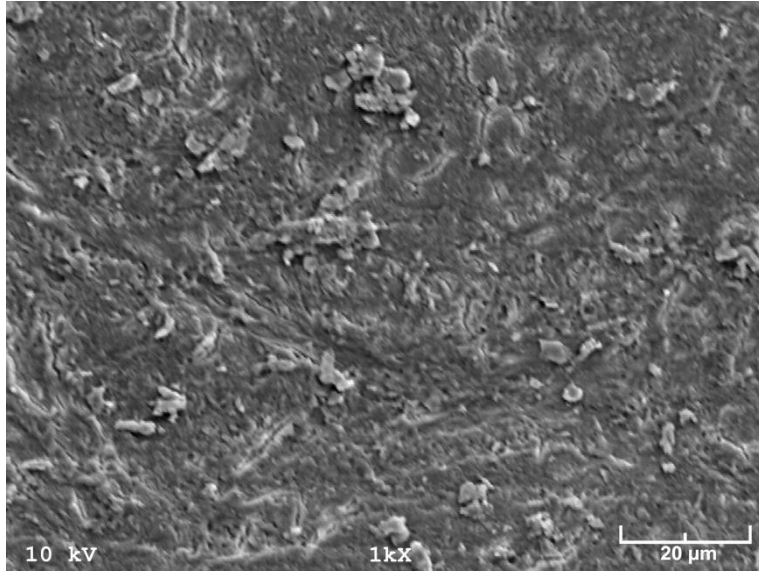
Grup 1 (Geleneksel Şırınga İrrigasyonu Yöntemi): Kök kanallarının preparasyonu sonrasında final yıkama işleminin geleneksel şırınga iğnesi ile uygulandığı gruba ait SEM görüntüleri Resim 16, 17 ve 18'de gösterilmektedir.



Resim 16. Geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon uygulandıktan sonra kök kanallarının koronal üçlü bölgesindeki debris görüntüsü (skor 4) (x1000 büyütme).



Resim 17. Geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon uygulandıktan sonra kök kanallarının orta üçlü bölgesindeki yoğun debris görüntüsü (skor 5) (x1000 büyütme).



Resim 18. Geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon uygulandıktan sonra kök kanallarının apikal üçlü bölgesindeki yoğun debris görüntüsü (skor 5) (x1000 büyütme).

Grup 1'deki örneklerde tüm kanal üçlü bölgelerinden elde edilen skorlar arasında Kruskal Wallis H testi ile yapılan değerlendirmede istatistiksel açıdan belirgin farklılıklar olduğu gözükmemektedir ($p = 0.000$) (Tablo 3). Koronaldan apikal bölgeye doğru ilerledikçe elde edilen debris skorları ortalaması artmaktadır.

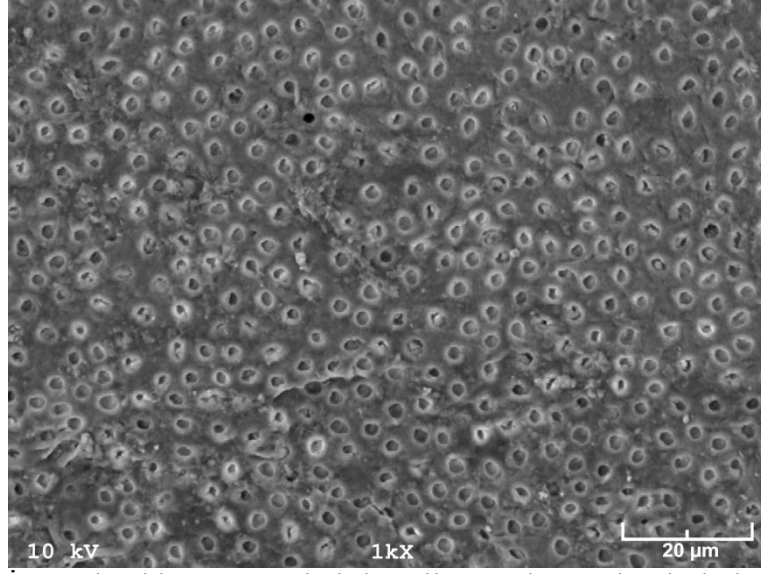
Tablo 3. Grup 1’deki örnekler arasında yapılan bölgeler arası karşılaştırma

Geleneksel Şırınga İrrigasyonu Yöntemi			
Bölge	Örnek Sayısı (n)	Ortalama $\pm$ Standart Sapma	P Değeri ve İstatistiksel Anlam
Koronal	15	3.30 ± 0.29^a	0.000* (koronal ve orta üçlü arasında)
Orta	15	4.02 ± 0.35^b	0.000* (orta ve apikal üçlü arasında)
Apikal	15	4.55 ± 0.22^c	0.000* (koronal ve apikal üçlü arasında)
Total	15	3.96 ± 0.59	

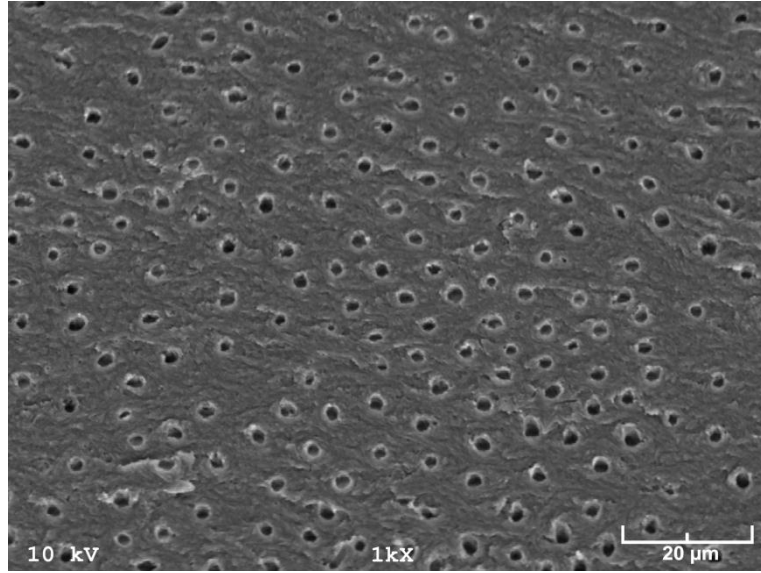
*Mann Whitney U test analizine göre istatistiksel olarak anlamlı.

Bu bulgulara göre; geleneksel şırınga iğnesi ile yapılan irrigasyon yönteminin debris uzaklaştırma etkinliği apikal bölgeye doğru ilerledikçe belirgin biçimde azalma göstermekle birlikte bütün bölgelerde yetersiz kalmaktadır.

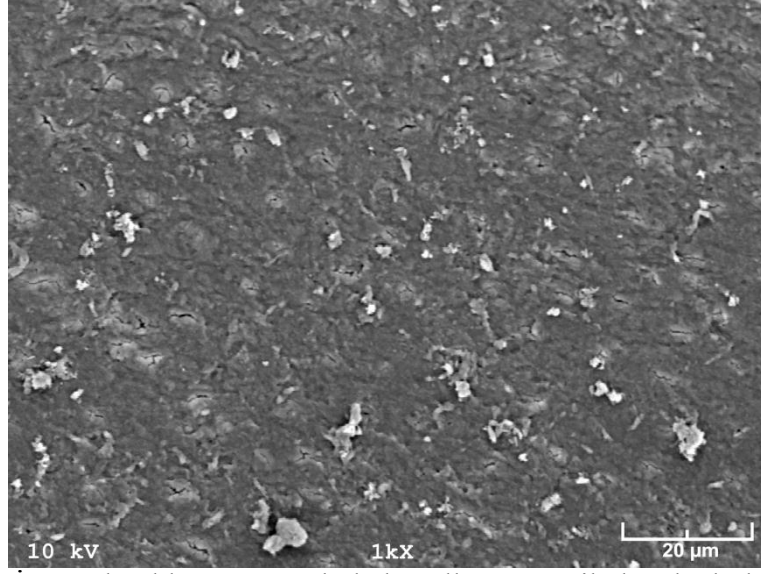
Grup 2 (Pasif Ultrasonik İrrigasyon Yöntemi): Kök kanallarının final yıkama aşamasında irrigasyon solüsyonlarının PUI yöntemi ile aktive edildiği bu gruba ait SEM görüntüleri Resim 19, 20 ve 21’de gösterilmektedir.



Resim 19. PUI uygulandıktan sonra kök kanallarının koronal üçlü bölgesinde debrisin tamamen uzaklaştırıldığıının görüntüsü (skor 1) (x1000 büyütme).



Resim 20. PUI uygulandıktan sonra kök kanallarının orta üçlü bölgesinde debrisin tamamen uzaklaştırıldığıının görüntüsü (skor 1) (x1000 büyütme).



Resim 21. PUI uygulandıktan sonra kök kanallarının apikal üçlü bölgesinde çok az miktarda mevcut debris görüntüsü (skor 2) (x1000 büyütme).

Grup 2'deki örnekler üzerinde yapılan değerlendirmede tüm kanal bölgeleri hesaba katıldığında istatistiksel olarak bölgeler arasında anlamlı bir farklılık olduğu gözükmemektedir ($p < 0.05$) (Tablo 4). Bu gruptaki en yüksek değerler apikal bölgede mevcuttur. Ancak istatistiksel olarak koronal ve orta kanal üçlü bölgeleri arasında yapılan Mann Whitney U test açısından belirgin bir farklılık söz konusu değildir ($p = 0.838$).

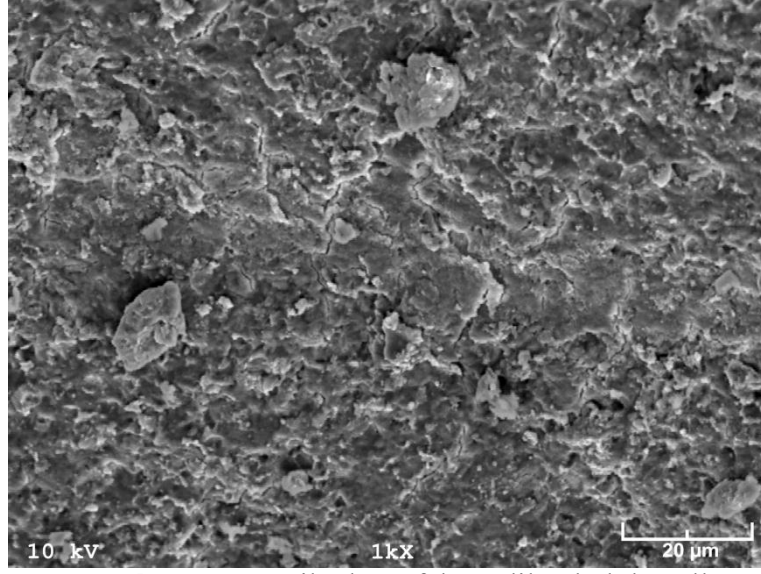
Tablo 4. Grup 2’de yapılan bölgeler arası karşılaştırma

Pasif Ultrasonik İrrigasyon Yöntemi			
Bölge	Örnek Sayısı (n)	Ortalama $\pm$ Standart Sapma	P Değeri ve İstatistiksel Anlam
Koronal	15	1.85 ± 0.42^a	0.838 (koronal ve orta üçlü arasında)
Orta	15	1.88 ± 0.47^a	0.013* (orta ve apikal üçlü arasında)
Apikal	15	2.33 ± 0.39^b	0.004* (koronal ve apikal üçlü arasında)
Total	15	2.02 ± 0.47	

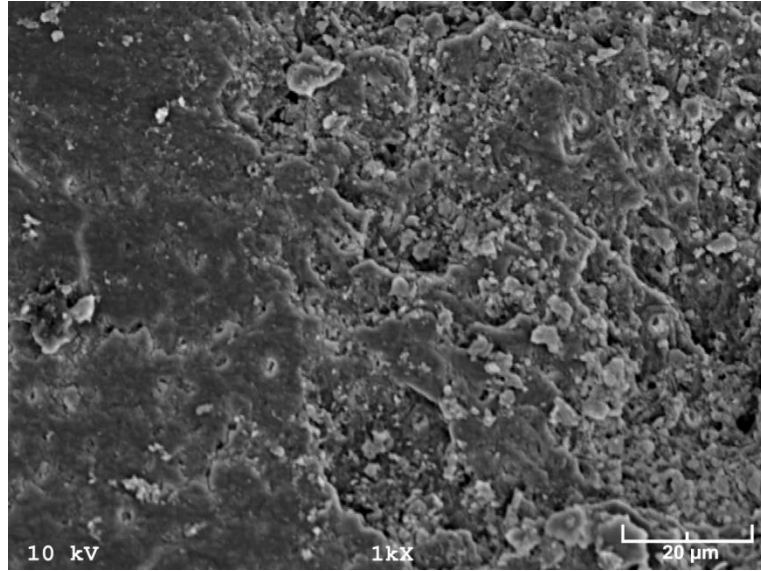
*Mann Whitney U test analizine göre istatistiksel olarak anlamlı.

Sonuç olarak; PUI yöntemi kanalların koronal ve orta üçlü bölgelerinde debrisini etkin biçimde uzaklaştırabilmekte ancak bu etkisi apikale doğru ilerledikçe azalma göstermektedir.

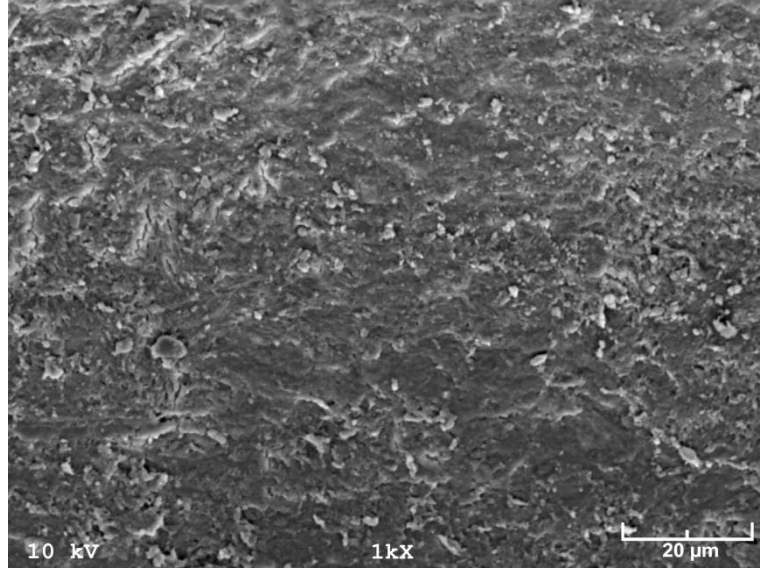
Grup 3 (Er,Cr:YSGG Lazer Sistemi): Kök kanallarında Er,Cr:YSGG lazer sistemi ile dezenfeksiyon yönteminin uygulandığı gruba ait SEM görüntüleri Resim 22, 23 ve 24’te gösterilmektedir.



Resim 22. Er,Cr:YSGG lazer sistem ile dezenfekte edilen kök kanallarının koronal üçlü bölgesinde yoğun debris görüntüsü (skor 5) (x1000 büyütme).



Resim 23. Er,Cr:YSGG lazer sistem ile dezenfekte edilen kök kanallarının orta üçlü bölgesinde yoğun debris görüntüsü (skor 5) (x1000 büyütme).



Resim 24. Er,Cr:YSGG lazer sistem ile dezenfekte edilen kök kanallarının apikal üçlü bölgesinde yoğun debris görüntüsü (skor 5) (x1000 büyütme).

Grup 3'teki örneklerden elde edilen skorlar benzer olup aralarında istatistiksel olarak herhangi bir farklılık bulunmamıştır ($p = 0.250$) (Tablo 5).

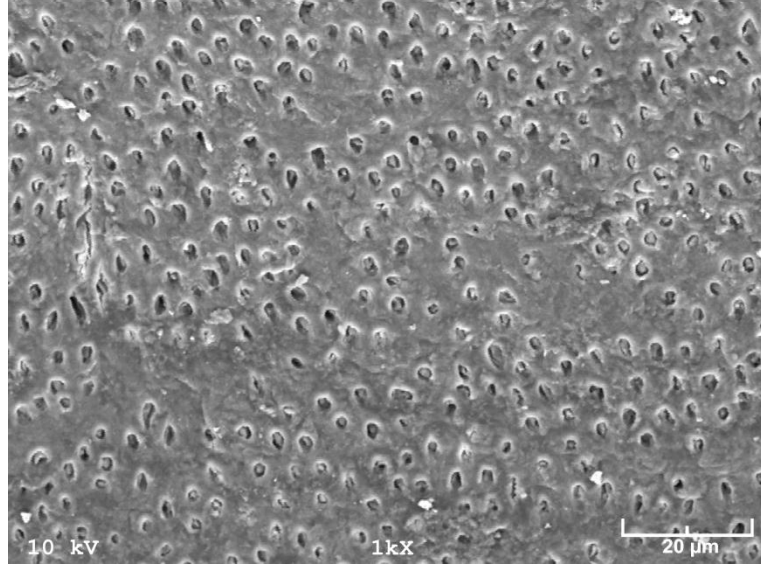
Tablo 5. Grup 3'te yapılan bölgeler arası karşılaştırma

Er,Cr:YSGG Lazer Sistemi			
Bölge	Örnek Sayısı (n)	Ortalama $\pm$ Standart Sapma	P Değeri ve İstatistiksel Anlam
Koronal	15	4.40 ± 0.49^a	0.071
Orta	15	4.37 ± 0.45^a	0.131
Apikal	15	4.61 ± 0.27^a	0.089
Total	15	4.46 ± 0.42	0.250

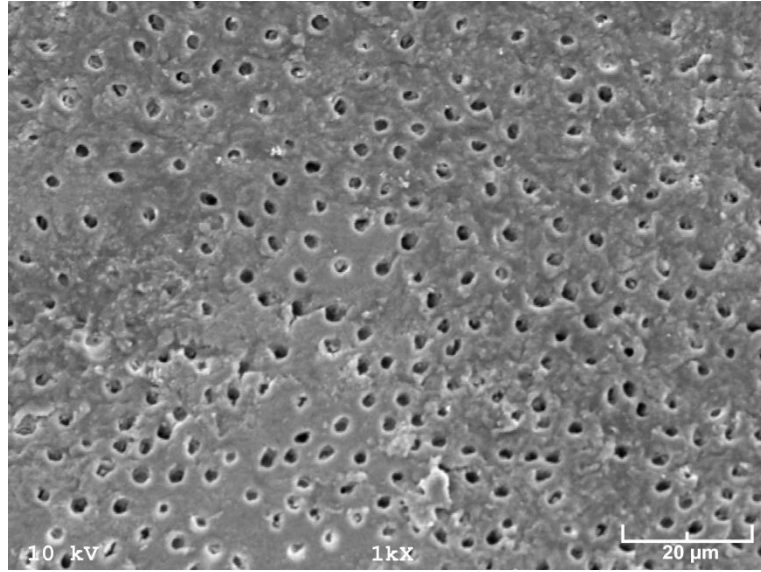
*a değerler arasında %5 ihtimal düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

Sonuç olarak, Er,Cr:YSGG lazer sisteminin kök kanallarından debris uzaklaştırmada yetersiz bir performans gösterdiği anlaşılmaktadır.

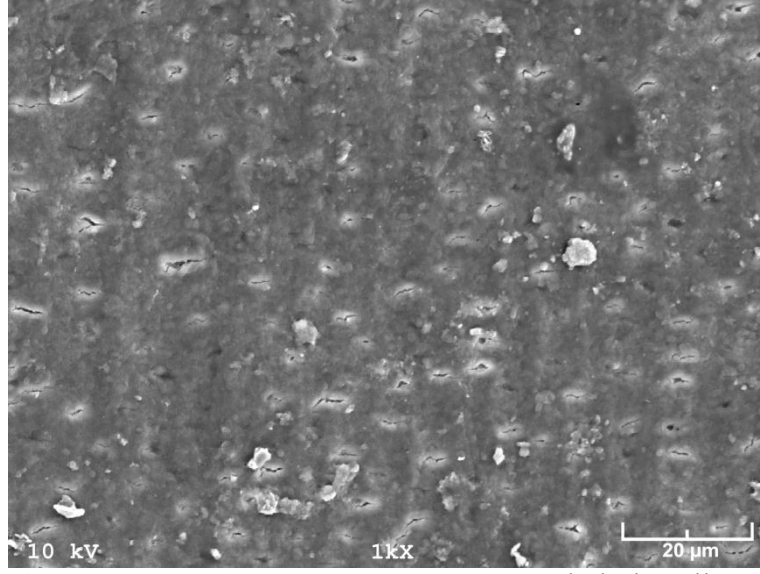
Grup 4 (EndoVac Sistem İle İrrigasyon Yöntemi): Kök kanallarının final yıkamasında EndoVac sistemin kullanıldığı gruba ait SEM görüntüleri Resim 25, 26 ve 27’de gösterilmektedir.



Resim 25. EndoVac sistem ile irrigasyon uygulanan kök kanallarının koronal üçlü bölgesinde tamamen uzaklaştırılan debris görüntüsü (skor 1) (x1000 büyütme).



Resim 26. EndoVac sistem ile irrigasyon uygulanan kök kanallarının orta üçlü bölgesinde tamamen uzaklaştırılan debris görüntüsü (skor 1) (x1000 büyütme).



Resim 27. EndoVac sistem ile irrigasyon uygulanan kök kanallarının apikal üçlü bölgesinde büyük oranda uzaklaştırılan debris görüntüsü (skor 2) (x1000 büyütme).

Grup 4'teki örneklerden elde edilen skor verileri, koronal bölgeden apikale doğru ilerledikçe artış göstermekle birlikte bu artış istatistiksel açıdan herhangi bir anlam taşımamaktadır ($p = 0.388$) (Tablo 6).

Tablo 6. Grup 4'te yapılan bölgeler arası karşılaştırma

EndoVac Sistem İle İrrigasyon Yöntemi			
Bölge	Örnek Sayısı (n)	Ortalama $\pm$ Standart Sapma	P Değeri ve İstatistiksel Anlam
Koronal	15	1.59 ± 0.35^a	0.251
Orta	15	1.63 ± 0.43^a	0.324
Apikal	15	1.80 ± 0.41^a	0.335
Total	15	1.67 ± 0.40	0.388

*a değerler arasında %5 ihtimal düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

Sonuç olarak, EndoVac sistem ile irrigasyon uygulanan örneklerde kök kanallarındaki debris etkin biçimde uzaklaştırılabilmektedir.

Debris uzaklaştırma etkinliği bakımından gruplar arası karşılaştırmada Kruskal Wallis H testi kullanılarak istatistiksel analiz yapıldı. Koronal üçlü bölgelerinde yapılan karşılaştırmada en yüksek debris skorlarının Grup 3'te ve en düşük skorların sırasıyla Grup 2 ve 4'te olduğu anlaşılmıştır ($p < 0.05$). Grup 1, Grup 3'e en yakın skor değerlerine sahip olmasına rağmen istatistiksel açıdan belirgin bir farklılık vardır ($p < 0.05$) (Tablo 7).

Tablo 7. Koronal bölgede Kruskal Wallis H testi ile yapılan gruplar arası çoklu karşılaştırma

	Örnek Sayısı (n)	Ortalama $\pm$ Standart Sapma
Grup 1	15	3.30 ± 0.29^a
Grup 2	15	1.85 ± 0.42^b
Grup 3	15	4.40 ± 0.49^c
Grup 4	15	1.58 ± 0.35^b

*a, b ve c arasındaki farklılık %5 ihtimal düzeyinde istatistiksel açıdan önemlidir.

Başka bir deyişle, örneklerin koronal üçlü bölgelerinde yapılan değerlendirmede PUI ve EndoVac sistemlerin debrisini uzaklaştırmada etkili olduğu ancak Er,Cr:YSGG lazer sisteminin bu açıdan başarısız olduğu görülmektedir. Geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yöntemi ise Er,Cr:YSGG lazer sisteminden daha iyi gözükmekle birlikte yetersizdir.

Kanalların orta üçlü bölgelerinde yapılan değerlendirmeye göre; en yüksek debris varlığı Grup 3'te görülmüş olup bunu Grup 1 takip etmektedir ($p < 0.05$). En düşük skorlar ise Grup 2 ve 4'teki örneklerden elde edilmiştir ($p < 0.05$) (Tablo 8).

Tablo 8. Kanalların orta bölgesinde Kruskal Wallis H testi ile yapılan gruplar arası çoklu karşılaştırma

	Örnek Sayısı (n)	Ortalama $\pm$ Standart Sapma
Grup 1	15	4.02 $\pm$ 0.35 ^a
Grup 2	15	1.88 $\pm$ 0.47 ^b
Grup 3	15	4.37 $\pm$ 0.45 ^c
Grup 4	15	1.63 $\pm$ 0.43 ^b

*a, b ve c arasındaki farklılık %5 ihtimal düzeyinde istatistiksel açıdan önemlidir.

Kanalların orta üçlü bölgelerinde yapılan değerlendirmede; yine Er,Cr:YSGG lazer sisteminin debrisı uzaklaştırmada etkisiz kalmasına rağmen, PUI ve EndoVac sistemlerin debrisı etkin şekilde kaldırdığı tespit edildi. Geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yöntemi ise Er,Cr:YSGG lazer sisteminden istatistiksel olarak daha iyi sonuçlar vermiştir.

Kanalların apikal üçlü bölgelerinde yapılan değerlendirme ise; Grup 1 ve 3'ün aralarında anlamlı bir farklılık olmaksızın ($p > 0.05$) en yüksek skor değerlerine sahip olduğunu ve bunu sırasıyla Grup 2'nin ($p < 0.05$) ve Grup 4 ($p < 0.05$)'ün izlediğini göstermektedir (Tablo 9).

Tablo 9. Kanalların apikal bölgesinde Kruskal Wallis H testi ile yapılan gruplar arası çoklu karşılaştırma

	Örnek Sayısı (n)	Ortalama $\pm$ Standart Sapma
Grup 1	15	4.55 $\pm$ 0.22 ^a
Grup 2	15	2.33 $\pm$ 0.39 ^b
Grup 3	15	4.62 $\pm$ 0.27 ^a
Grup 4	15	1.80 $\pm$ 0.41 ^c

*a, b ve c arasındaki farklılık %5 ihtimal düzeyinde istatistiksel açıdan önemlidir.

Elde edilen bu verilerden örneklerin apikal bölgelerindeki debrisın uzaklaştırılmasında geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yöntemi ve Er,Cr:YSGG

lazer sisteminin etkisiz kaldığı tespit edildi. PUI, geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon ve Er,Cr:YSGG lazer sistemine göre daha başarılı olmasına rağmen EndoVac sistem kadar etkili değildir ($p < 0.05$).

Örneklerin tüm bölgeleri birlikte hesaba katıldığında, total debris uzaklaştırma etkinliği açısından Grup 2 ve 4 birbirleriyle benzer biçimde ($p > 0.05$) diğer iki gruba göre en düşük değerleri sergilediler ($p < 0.05$). En yüksek değerleri ise Grup 3 göstermiş olup bunu Grup 1 takip etmiştir. Aralarındaki fark istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p < 0.05$) (Tablo 10).

Tablo 10. Total kanal yüzeyinde Kruskal Wallis H testi ile yapılan gruplar arası çoklu karşılaştırma

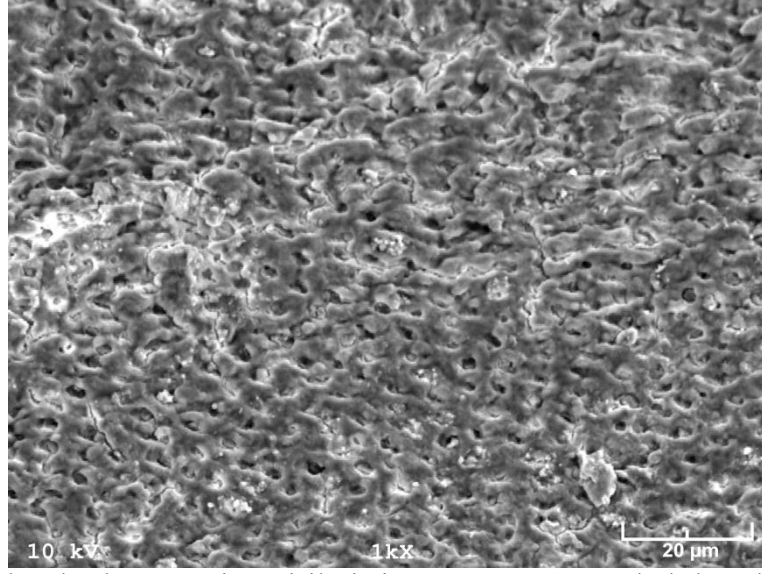
	Örnek Sayısı (n)	Ortalama $\pm$ Standart Sapma
Grup 1	15	3.96 ± 0.17^a
Grup 2	15	2.00 ± 0.35^b
Grup 3	15	4.46 ± 0.39^c
Grup 4	15	1.67 ± 0.38^b

*a, b ve c arasındaki farklılık %5 ihtimal düzeyinde istatistiksel açıdan önemlidir.

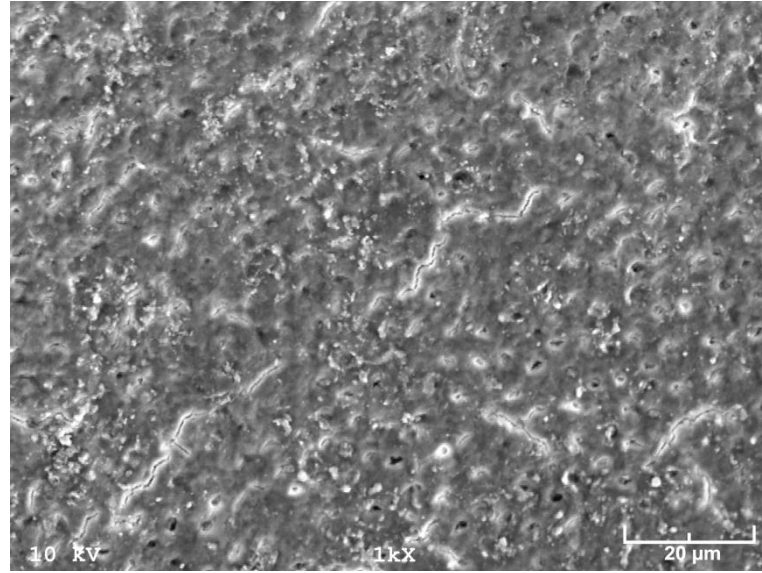
Bu veriler göz önüne alındığında, tüm kanal yüzeyindeki total debris uzaklaştırma etkinliği açısından geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yöntemi ve Er,Cr:YSGG lazer sisteminin yetersiz kaldığı gözükürken ($p < 0.05$), EndoVac sistem ve PUI yöntemi bu iki yönetime göre daha etkilidir. PUI ve EndoVac yöntemleri arasındaki farklılık istatistiksel açıdan anlamlı değildir ($p > 0.05$).

6.2 Smear Tabakasının Kaldırılması

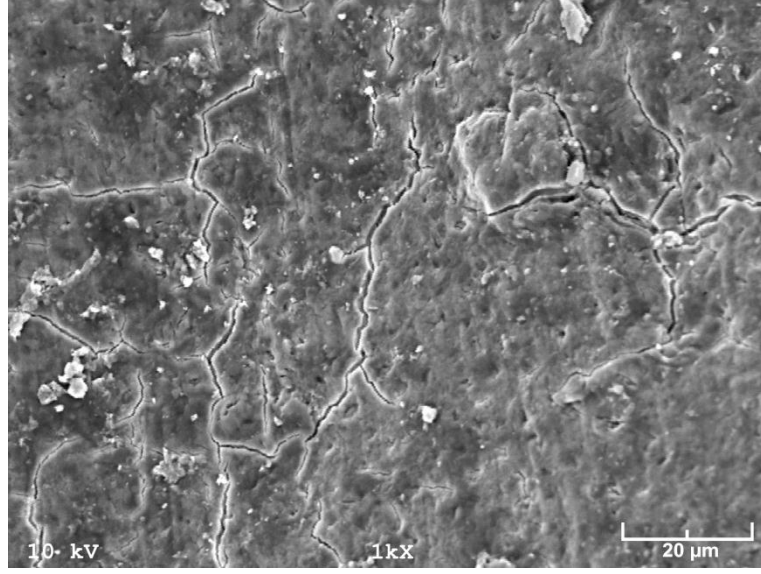
Grup 1 (Geleneksel Şırınga İrrigasyonu Yöntemi): Kök kanallarının geleneksel şırınga irrigasyonu yöntemi ile yıkandığı bu gruba ait SEM görüntüleri Resim 28, 29 ve 30'da gösterilmektedir.



Resim 28. Geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon uygulanan kök kanallarının koronal üçlü bölgesinde yoğun smear tabakası görüntüsü (skor 5) (x1000 büyütme).



Resim 29. Geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon uygulanan kök kanallarının orta üçlü bölgesinde yoğun smear tabakası görüntüsü (skor 5) (x1000 büyütme).



Resim 30. Geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon uygulanan kök kanallarının apikal üçlü bölgesinde yoğun smear tabakası görüntüsü (skor 5) (x1000 büyütme).

Grup 1 örneklerindeki skorlar arasında smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulundu ($p = 0.000$) (Tablo 11). Koronal ve orta üçlü bölgeleri arasındaki fark anlamlı olmayıp ($p = 0.775$), apikal bölge değerleri belirgin bir farklılık gösterdi ($p = 0.000$).

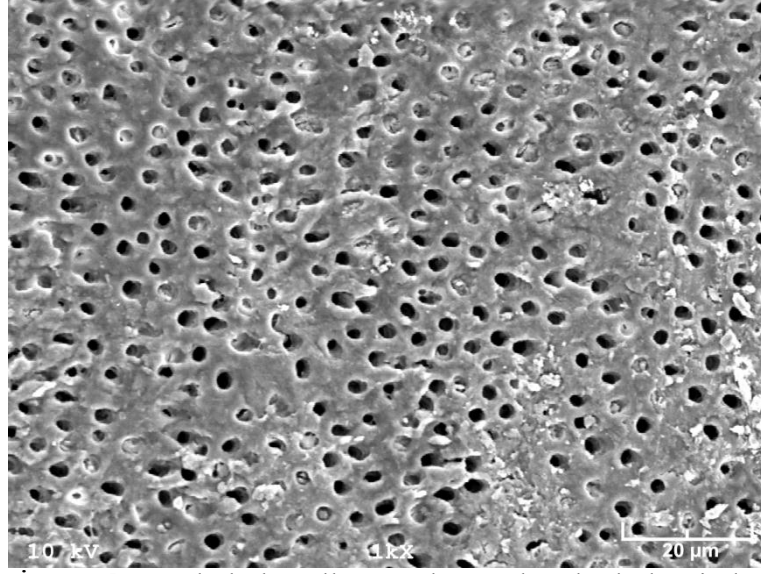
Tablo 11. Grup 1’de yapılan bölgeler arası karşılaştırma

Geleneksel Şırınga İrrigasyonu Yöntemi			
Bölge	Örnek Sayısı (n)	Ortalama $\pm$ Standart Sapma	P Değeri ve İstatistiksel Anlam
Koronal	15	4.13 ± 0.35^a	0.775 (koronal ve orta üçlü arasında)
Orta	15	4.20 ± 0.24^a	0.000* (orta ve apikal üçlü arasında)
Apikal	15	4.63 ± 0.21^b	0.000* (koronal ve apikal üçlü arasında)
Total	15	4.32 ± 0.35	

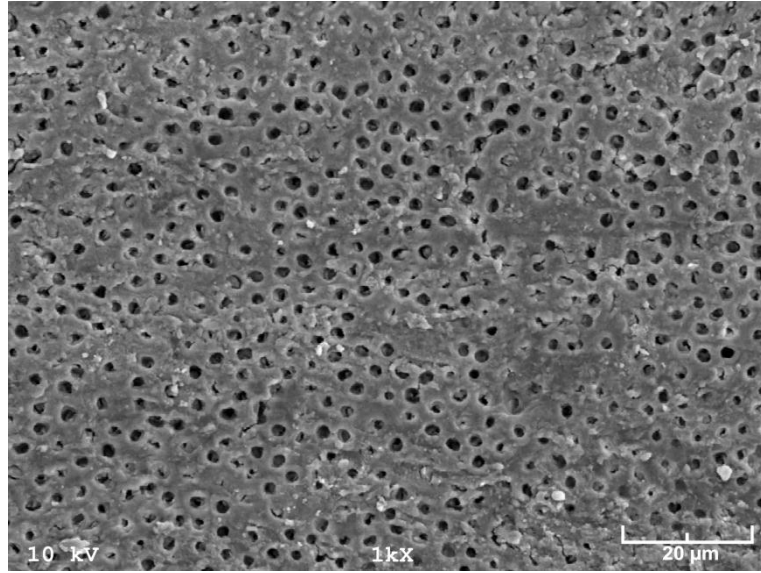
*Mann-Whitney U test analizine göre istatistiksel olarak anlamlı.

Sonuçta geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yönteminin kök kanal duvarlarından smear tabakasını uzaklaştırma konusunda arzu edilen seviyede sonuçlar ortaya koyamadığı gözükmemektedir.

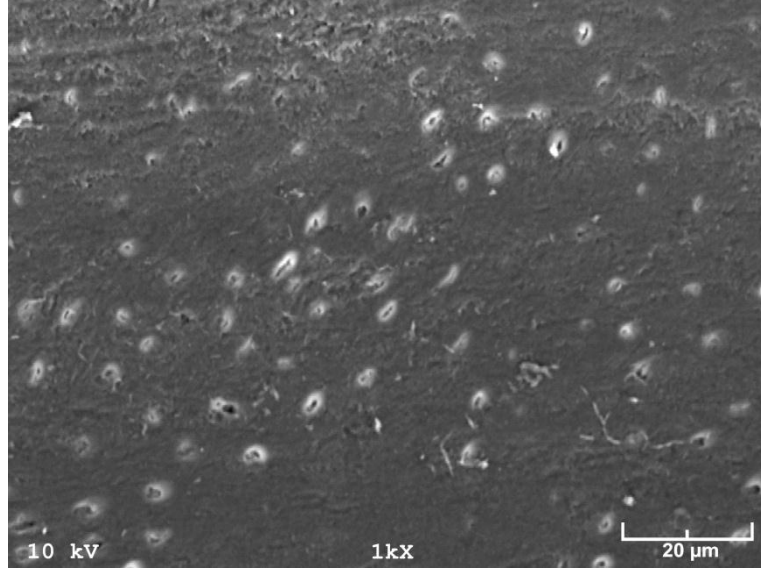
Grup 2 (PUI Yöntemi): Final irrigasyon işleminin PUI yöntemi ile uygulandığı gruba ait SEM görüntüleri Resim 31, 32 ve 33’te gösterilmektedir.



Resim 31. PUİ uygulanan kök kanallarının koronal üçlü bölgesinde büyük oranda uzaklaştırılmış smear tabakası görüntüsü (skor 2) (x1000 büyütme).



Resim 32. PUİ uygulanan kök kanallarının orta üçlü bölgesinde büyük oranda uzaklaştırılmış smear tabakası görüntüsü (skor 2) (x1000 büyütme).



Resim 33. PUI uygulanan kök kanallarının apikal uçlu bölgesinde büyük oranda uzaklaştırılmış smear tabakası görüntüsü (skor 3) (x1000 büyütme).

Grup 2’de düşük skor değerleri elde edilmiş olup tüm kanal bölgeleri hesaba katıldığında istatistiksel olarak belirgin bir farklılık tespit edildi ($p = 0.006$) (Tablo 12). Koronal ve orta uçlu bölgeleri arasındaki farklılık anlamlı değildir ($p = 0.461$). Ancak apikal bölge diğerlerine kıyasla anlamlı bir farklılık ortaya koymuştur ($p < 0.05$).

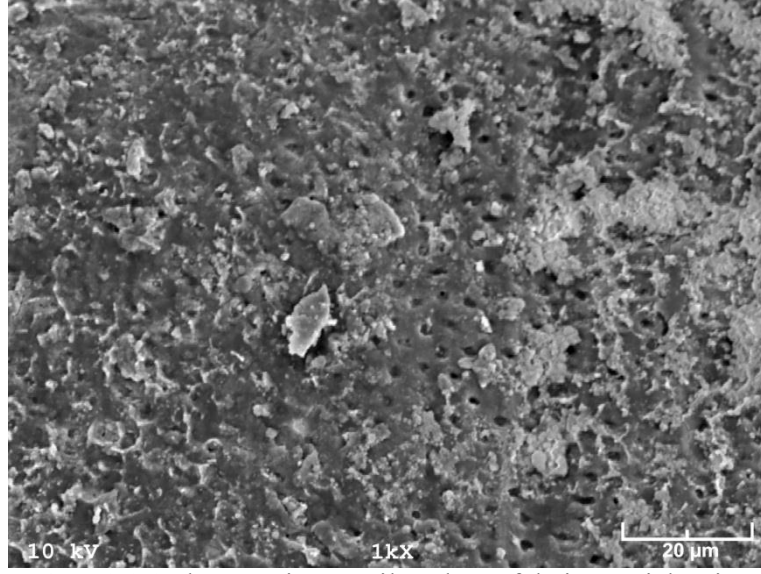
Tablo 12. Grup 2’de yapılan bölgeler arası karşılaştırma

Pasif Ultrasonik İrrigasyon Yöntemi			
Bölge	Örnek Sayısı (n)	Ortalama $\pm$ Standart Sapma	P Değeri ve İstatistiksel Anlam
Koronal	15	1.85 ± 0.39^a	0.461 (koronal ve orta üçlü arasında)
Orta	15	1.71 ± 0.29^a	0.002* (orta ve apikal üçlü arasında)
Apikal	15	2.18 ± 0.41^b	0.026* (koronal ve apikal üçlü arasında)
Total	15	1.92 ± 0.41	

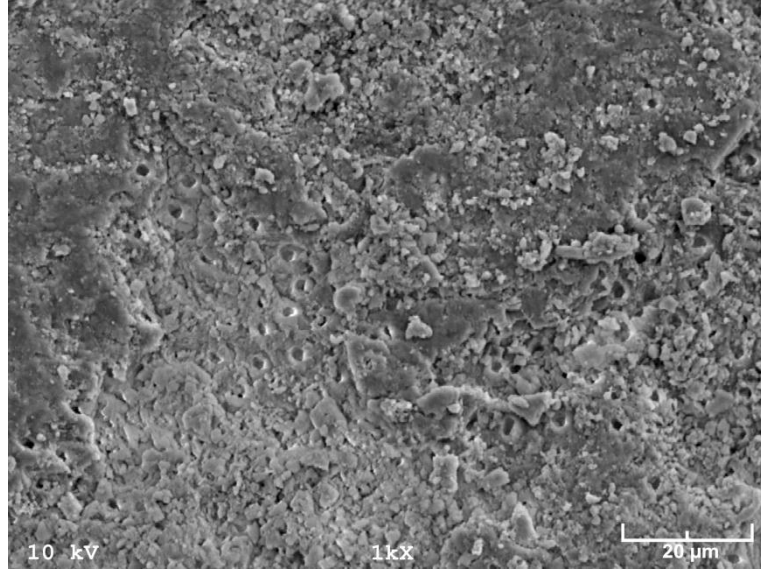
*Mann-Whitney U test analizine göre istatistiksel olarak anlamlı.

Sonuçta, PUI yöntemi kullanıldığında kök kanallarından smear tabakası belirgin biçimde uzaklaştırılmıştır. Ancak bu etkinlik apikal bölgeye doğru azalma göstermektedir. Dahası smear tabakası tam olarak uzaklaştırılamamıştır.

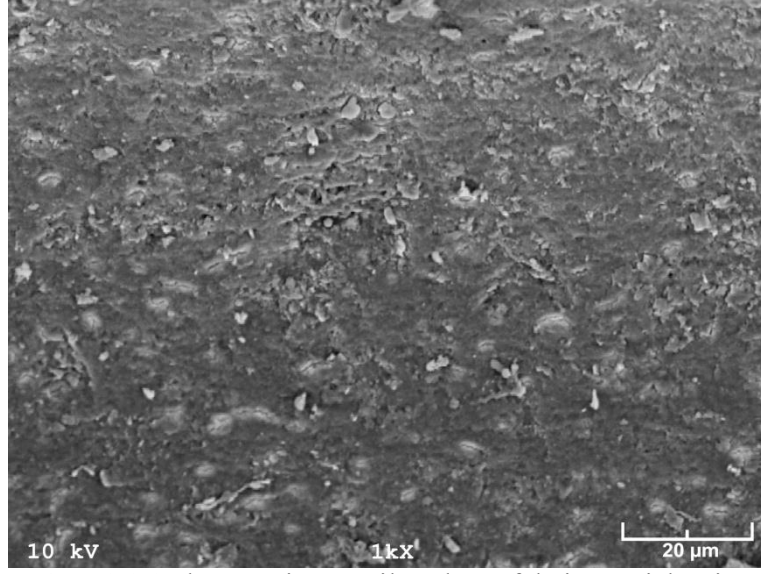
Grup 3 (Er,Cr:YSGG Lazer Sistemi): Kök kanallarının final irrigasyon işleminde Er,Cr:YSGG lazer sistemi ile dezenfeksiyon yönteminin kullanıldığı gruba ait SEM görüntüleri Resim 34, 35 ve 36’da gösterilmektedir.



Resim 34. Er,Cr:YSGG lazer sistem ile dezenfeksiyon işlemi uygulanan kök kanallarının koronal üçlü bölgesinde yoğun smear tabakası görüntüsü (skor 5) (x1000 büyütme).



Resim 35. Er,Cr:YSGG lazer sistem ile dezenfeksiyon işlemi uygulanan kök kanallarının orta üçlü bölgesinde yoğun smear tabakası görüntüsü (skor 5) (x1000 büyütme).



Resim 36. Er,Cr:YSGG lazer sistem ile dezenfeksiyon işlemi uygulanan kök kanallarının apikal üçlü bölgesinde yoğun smear tabakası görüntüsü (skor 5) (x1000 büyütme).

Grup 3 örneklerindeki smear tabakası skor değerleri oldukça yüksek olup tüm kanal bölgeleri hesaba katıldığında istatistiksel olarak belirgin bir farklılık gösterdi ($p = 0.001$) (Tablo 13). Koronal ve orta kanal üçlü bölgeleri arasındaki fark anlamlı olmayıp ($p = 0.870$) apikal bölge değerleri belirgin bir farklılık gösterdi ($p < 0.05$).

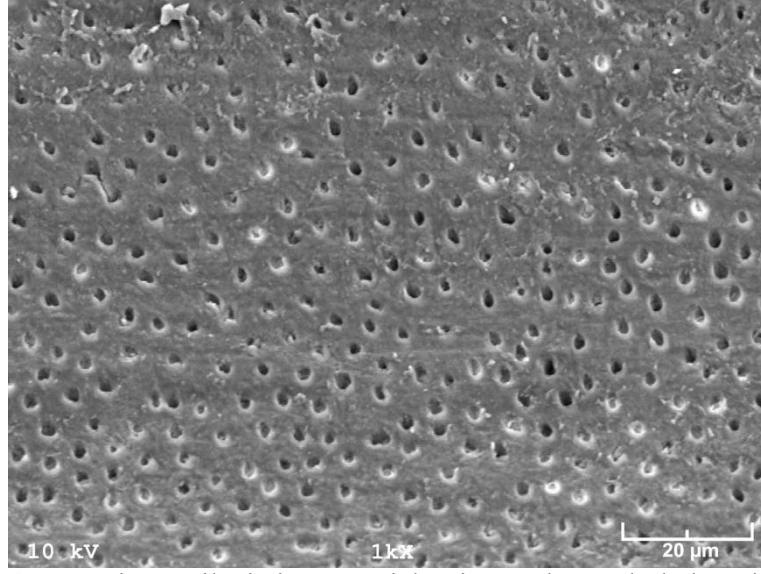
Tablo 13. Grup 3’te yapılan bölgeler arası karşılaştırma

Er,Cr:YSGG Lazer Sistemi			
Bölge	Örnek Sayısı (n)	Ortalama $\pm$ Standart Sapma	P Değeri ve İstatistiksel Anlam
Koronal	15	4.13 ± 0.47^a	0.870 (koronal ve orta üçlü arasında)
Orta	15	4.17 ± 0.46^a	0.001* (orta ve apikal üçlü arasında)
Apikal	15	4.67 ± 0.22^b	0.001* (koronal ve apikal üçlü arasında)
Total	15	4.32 ± 0.46	

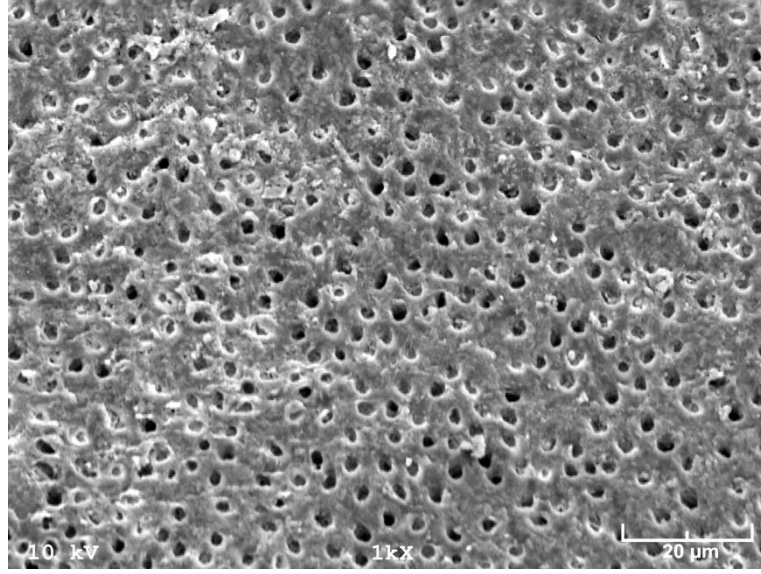
*Mann-Whitney U test analizine göre istatistiksel olarak anlamlı.

Tüm bu veriler göz önüne alındığında, Er,Cr:YSGG lazer sistem ile tüm kanal bölgelerinde smear tabakasının uzaklaştırılmadığı gözükmemektedir.

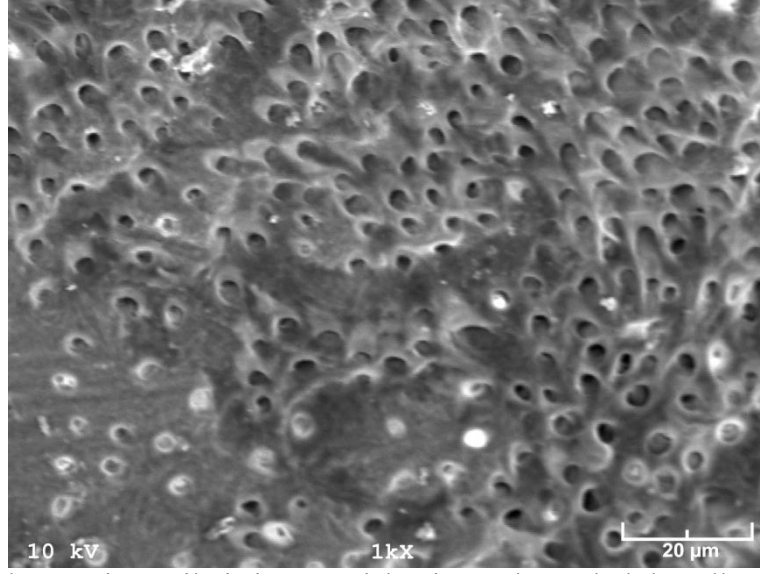
Grup 4 (EndoVac Sistem İle İrrigasyon Yöntemi): Kök kanallarının final irrigasyonu amacıyla EndoVac sistemin kullanıldığı gruba ait SEM görüntüleri Resim 37, 38 ve 39’da gösterilmektedir.



Resim 37. EndoVac sistem ile irrigasyon işlemi uygulanan kök kanallarının koronal üçlü bölgesinde tamamen uzaklaştırılmış smear tabakası görüntüsü (skor 1) (x1000 büyütme).



Resim 38. EndoVac sistem ile irrigasyon işlemi uygulanan kök kanallarının orta üçlü bölgesinde tamamen uzaklaştırılmış smear tabakası görüntüsü (skor 1) (x1000 büyütme).



Resim 39. EndoVac sistem ile irrigasyon işlemi uygulanan kök kanallarının apikal uçlu bölgesinde büyük oranda uzaklaştırılmış smear tabakası görüntüsü (skor 2) (x1000 büyütme).

Grup 4’te örneklerden elde edilen verilerin hiçbir kanal uçlu bölgesinde Kruskal-Wallis analizine göre istatistiksel açıdan belirgin bir farklılık göstermediği tespit edildi ($p = 0.466$) (Tablo 14). Ayrıca elde edilen skor değerleri oldukça düşüktür.

Tablo 14. Grup 4’te yapılan bölgeler arası karşılaştırma

EndoVac Sistem İle İrrigasyon Yöntemi			
Bölge	Örnek Sayısı (n)	Ortalama $\pm$ Standart Sapma	P Değeri ve İstatistiksel Anlam
Koronal	15	1.43 ± 0.27^a	0.251
Orta	15	1.43 ± 0.27^a	0.323
Apikal	15	1.62 ± 0.39^a	0.436
Total	15	1.49 ± 0.33	0.466

*a değerleri arasındaki farklılık %5 ihtimal düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı değildir.

Sonuç olarak, EndoVac sistem ile irrigasyon yapılan örneklerin apikal bölge dahil tüm kanal bölgelerinde smear tabakası belirgin biçimde uzaklaştırılabilmektedir. Kanal uçlu bölgeleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık olmadığı gözükmemektedir.

Ancak yine de kanal duvarları üzerindeki smear tabakası tam olarak uzaklaştırılamamıştır.

Gruplar arasındaki smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği de karşılaştırıldı. Buna göre kök kanallarının koronal üçlü bölgelerinde yapılan değerlendirme, smear tabakası skorlarının en düşük Grup 4'te ve bunu takiben Grup 2'de olduğunu göstermektedir. İki grup arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p < 0.05$). En yüksek skorlar ise aralarında belirgin bir istatistiksel fark olmaksızın Grup 1 ve Grup 3'tedir ($p > 0.05$) (Tablo 15).

Tablo 15. Koronal bölgede Kruskal Wallis H testi ile yapılan gruplar arası çoklu karşılaştırma

	Örnek Sayısı (n)	Ortalama $\pm$ Standart Sapma
Grup 1	15	4.13 ± 0.35^a
Grup 2	15	1.85 ± 0.39^b
Grup 3	15	4.13 ± 0.47^a
Grup 4	15	1.43 ± 0.27^c

*a, b ve c arasındaki farklılık %5 ihtimal düzeyinde istatistiksel açıdan önemlidir.

Sonuç olarak denebilir ki; geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yöntemi ve Er,Cr:YSGG lazer sistemi örneklerin koronal bölgesinde smear tabakasını uzaklaştıramamıştır. Oysa PUI yöntemi ve EndoVac sistem aralarında istatistiksel fark olmakla birlikte smear tabakasını uzaklaştırmada etkili olmuştur. Ancak her iki yöntem de kök kanal duvarları üzerindeki smear tabakasını tam olarak uzaklaştıramamıştır.

Kanalların orta üçlü bölgelerinde yapılan değerlendirmede yine Grup 1 ve 3 smear tabakasını uzaklaştırmada yetersiz bulunmuştur ($p > 0.05$). Dahası Grup 4 en düşük skorları göstermiş olup Grup 2 ile anlamlı bir fark ortaya koymuştur ($p < 0.05$) (Tablo 16).

Tablo 16. Kanalların orta bölgesinde Kruskal Wallis H testi ile yapılan gruplar arası çoklu karşılaştırma

	Örnek Sayısı (n)	Ortalama $\pm$ Standart Sapma
Grup 1	15	4.20 ± 0.24^a
Grup 2	15	1.71 ± 0.29^b
Grup 3	15	4.17 ± 0.46^a
Grup 4	15	1.43 ± 0.27^c

*a, b ve c arasındaki farklılık %5 ihtimal düzeyinde istatistiksel açıdan önemlidir.

Örneklerin orta bölgelerindeki smear tabakasını uzaklaştırma konusunda geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yöntemi ve Er,Cr:YSGG lazer sistemi başarısız bulundu. Buna karşın, PUI yöntemi ve EndoVac sistem smear tabakasını etkili biçimde uzaklaştırabilmiştir. Ancak, PUI yöntemine kıyasla EndoVac sistem belirgin bir istatistiksel farklılık göstermiştir. Smear tabakasını tam olarak uzaklaştırma konusunda hiçbir yöntem başarılı olamamıştır.

Kanalların apikal üçlü bölgelerinde yapılan değerlendirmede ise, koronal ve orta kanal üçlü bölgelerinde olduğu gibi yine Grup 2 ve 4'ün smear tabakasını en iyi şekilde uzaklaştırdığı, buna karşın Grup 1 ve 3'ün bu konuda başarısız olduğu ortaya konmuştur. Grup 2 ve 4 arasındaki fark anlamlı olup ($p < 0.05$), Grup 1 ve 3 arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark söz konusu değildir ($p > 0.05$) (Tablo 17).

Tablo 17. Apikal bölgede Kruskal Wallis H testi ile yapılan gruplar arası çoklu karşılaştırma

	Örnek Sayısı (n)	Ortalama $\pm$ Standart Sapma
Grup 1	15	4.63 $\pm$ 0.21 ^a
Grup 2	15	2.18 $\pm$ 0.41 ^b
Grup 3	15	4.67 $\pm$ 0.22 ^a
Grup 4	15	1.62 $\pm$ 0.39 ^c

*a, b ve c arasındaki farklılık %5 ihtimal düzeyinde istatistiksel açıdan önemlidir.

Yani bir başka deyişle kanalların apikal bölgelerinde de geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yöntemi ve Er,Cr:YSGG lazer sistem smear tabakasını uzaklaştıramamıştır. Oysa PUI ve EndoVac sistem bu konuda başarılı gözükmemektedir. Buna karşın, adı geçen yöntemlerden hiçbiri smear tabakasını tam olarak uzaklaştıramamıştır.

Kök kanallarının tüm bölgeleri hesaba katıldığında da yine kanal uçlu bölgelerinin her birinde olduğu gibi en düşük smear tabakası skorları Grup 2 ve 4'te olmuştur. Grup 4'teki değerler istatistiksel olarak anlamlı biçimde daha düşüktür ($p < 0.05$). Ancak, Grup 1 ve 3 aralarında anlamlı bir fark olmaksızın en yüksek değerlere sahip olmuştur ($p > 0.05$) (Tablo 18).

Tablo 18. Kök kanallarının tüm bölgelerinde Kruskal Wallis H testi ile yapılan gruplar arası çoklu karşılaştırma

	Örnek Sayısı (n)	Ortalama $\pm$ Standart Sapma
Grup 1	15	4.32 $\pm$ 0.23 ^a
Grup 2	15	1.92 $\pm$ 0.31 ^b
Grup 3	15	4.32 $\pm$ 0.34 ^a
Grup 4	15	1.49 $\pm$ 0.29 ^c

*a, b ve c arasındaki farklılık %5 ihtimal düzeyinde istatistiksel açıdan önemlidir.

Sonuç olarak, tüm kanal bölgeleri hesaba katıldığında geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yöntemi ve Er,Cr:YSGG lazer sistem smear tabakasını kök kanallarından uzaklaştırmada etkili değildi. Ancak, EndoVac sistem ve PUI yöntemi kök kanal duvarları üzerindeki smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkili olmuştur. Uygulanan hiçbir yöntemle kök kanal duvarlarından smear tabakası tam olarak uzaklaştırılamamıştır.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Kök kanal tedavisinin başlıca amacı, maksimum seviyede bir kök kanal dezenfeksiyonu sağlayarak mevcut enfeksiyonun elimine edilmesi ve sonradan gelişebilecek re-enfeksiyonların önlenmesidir (214). Başarılı bir endodontik tedavi; kök kanal sistemlerinin uygun enstrümantasyonu, irrigasyonu, dezenfeksiyonu ve obturasyonundan oluşan etkili bir kombinasyona bağlıdır. Bu nedenle, kök kanal sistemleri içerisindeki nekrotik ve parçalanmış pulpa artıkları, mikroorganizma ve yan ürünleri ile debris ve smear tabakaları uzaklaştırılarak tam bir temizleme ve şekillendirme etkinliği sağlanmalıdır (215).

Kök kanal sistemleri içerisindeki nekrotik doku artıkları, bakteriler için hem bir sığınak hem de besin kaynağı vazifesi görür (2). Kök kanalı içerisindeki artık organik dokuyla birlikte smear tabakası varlığı, tedavi amacıyla uygulanan antimikrobiyal işlemlerin ve kanal dolgusunun etkinliğini düşürür (91).

Çok çeşitli enstrümantasyon teknikleri ve döner nikel-titanyum sistemlerin kullanımına rağmen, kök kanal sistemlerinin tam bir debridmanı günümüzde hala başırlanamamaktadır (73-75). Bu nedenle antibakteriyel irrigasyon solüsyonlarının etkinliğinden yararlanılması amacıyla yeni irrigasyon solüsyonlarının geliştirilmesi ve değişik tekniklerle mevcut solüsyonların ajitasyonunun sağlanmasına yönelik gayretler devam etmektedir.

Kök kanallarının temizlenebilme etkinliği, kemomekanik preparasyon sonrasında geride kalan debris ve smear tabakası varlığı ile ilgilidir. Rezidüel debrisin, kemomekanik preparasyon işlemi sonrasında kök kanal duvarlarına gevşek halde bağlanan dentin artıkları ile rezidüel vital ve nekrotik pulpa dokusundan oluştuğu ifade edilmektedir (216). Smear tabakası ise, enstrümantasyon sırasında oluşan ve kök kanal duvarlarına bağlanarak dentin tübül ağzlarını tıkayabilen, 1-2 µm kalınlığında yüzeysel bir film tabakasıdır (88). Bu yapı dentin partikülleri, pulpal doku artıkları, bakteriyel komponentler ve hapsolmuş kimyasal irrigantlardan oluşur. Smear tabakası sadece endodontik aletlerin temas ettiği kanal yüzeylerinde oluşur. Aksi görüşlere rağmen, smear tabakasının kök kanal sealer adezyonunda negatif bir faktör olduğu düşünülmektedir (32,217). Kanal duvarlarına zayıf bir şekilde bağlanan smear tabakası sealer ve kanal duvarları arasında bir bariyer oluşturarak sealer'ın dentin tübülleri

içerisine penetrasyonunu önler ve kanal dolgusuyla kanal duvarları arasında sızıntıya sebep olur (218).

Günümüzde kullanımı yaygınlaşan nikel-titanyum enstrümanlar paslanmaz çelik yapıdaki eşdeğerleri ile karşılaştırıldığında minimal apikal transportasyonla birlikte daha temiz kök kanal duvarları oluşturmaktadır. Ancak bu avantajlarına karşın, karmaşık kök kanal sisteminde %35-40 oranında hiç dokunulmayan kanal duvarları kalmaktadır (73,74). Bu nedenle; kök kanal sistemlerinin temizlik ve dezenfeksiyonunda irrigasyon solüsyonları ile irrigant ajitasyon yöntem ve cihazlarının kullanımı önemli bir role sahiptir.

Kök kanallarında etkili bir irrigasyon sağlanması iki faktör ile direkt ilişkilidir. Bunlardan birincisi kullanılan irrigasyon solüsyonunun etkinliği ve diğeri de irrigantın iletim sistemidir (138,219). İdeal kök kanal irrigasyon solüsyonlarının, biyofilm yapıları içerisinde organize olmuş haldeki anaerop ve fakültatif mikroorganizmalara karşı geniş bir antimikrobiyal spektrum ve yüksek bir etkinliğe sahip olması, nekrotik pulpal doku artıklarını çözebilmesi, endotoksini inaktive edebilmesi ve enstrümantasyon sonrasında gelişen smear tabakasını uzaklaştırabilmesi istenir (93). İrrigasyon solüsyonunun sahip olduğu fizikokimyasal özelliklere ilaveten, kanal preparasyonu sırasında solüsyonun devamlı olarak tazelenmesini sağlayan farklı ajitasyon yöntem ve cihazlarının kullanımı da kaçınılmazdır. Bu amaçla irrigasyon solüsyonunu çalışma boyuna mümkün olduğunca yakın mesafelere kadar ileten ve aktive eden değişik yöntem ve cihazlar geliştirilmiştir.

Gu ve ark, güncel irrigant ajitasyon yöntemlerini ve bu yöntemlerin kök kanal sistemlerini temizleme etkinliklerini inceledikleri çalışmalarında (138), ajitasyon sağlayan cihaz ve teknikleri manuel ve makine destekli olmak üzere iki ana gruba ayırmışlardır. Manuel teknikler arasında; farklı çaplara sahip iğne veya kanüller ile uygulanan geleneksel şırınga irrigasyonu, etrafı fırça ile kaplı irrigasyon iğneleri ve şekillendirilmiş kök kanallarının apikal final ebadına en uygun gutta-perka konlar kullanılarak elle ajitasyonun uygulandığı manuel dinamik irrigasyon yöntemleri sıralanmıştır. Makine destekli sistemler ise; döner fırçalar, döner enstrümantasyon sırasında uygulanan sürekli irrigasyon, sonik ve ultrasonik irrigasyon yöntemleri ve basınç değişimi sağlayan cihazlar (EndoVac ve RinsEndo) şeklinde sınıflandırılmıştır.

Şimdiki çalışmada ise, farklı irrigasyon/ajitasyon protokollerinin kök kanal temizliği üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Farklı yöntem ve cihazların kök kanal sistemlerini temizleme etkinliğinin değerlendirilmesi amacıyla ışık mikroskobu, SEM ve optik görüntüleme yaygın biçimde kullanılmaktadır. Ancak, SEM kök kanal duvarları üzerindeki hem debris hem de smear tabakası varlığının görüntülenmesine olanak tanırken, ışık mikroskobu ve optik yöntemler sadece debris varlığının değerlendirilmesine imkan verir (220).

Farklı irrigasyon/ajitasyon yöntem ve cihazlarının debris ve smear tabakası uzaklaştırma etkinliğini değerlendirebilmek amacıyla bu çalışmada x1000 büyütmede SEM kullanıldı. Sonuçların güvenilirliği açısından elde edilen SEM görüntülerinin analizi iki farklı endodonti uzmanı gözlemci tarafından farklı tarihlerde gerçekleştirildi.

Bu mevcut çalışmadaki tüm deney gruplarında eşit sürede irrigasyon yapılması amacıyla üç dk aktif ve üç dk pasif olmak üzere toplam altı dakikalık irrigasyon işlemi uygulandı. Tüm gruplarda farklı irrigant ajitasyon protokolleri aynı irrigasyon solüsyonları (%2.5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA) kullanılarak gerçekleştirildi. NaOCl endodonti pratiğinde en yaygın kullanılan irrigasyon solüsyonu olup güçlü bir organik doku çözücü özelliğe ve geniş antimikrobiyal spektruma sahiptir (15). Doku çözücü özelliği sayesinde pulpa dokusu ve nekrotik artıklar gibi çözünmez yapıdaki substansları sabun, kloramin ve aminoasit tuzları şeklinde çözünebilen yapılara dönüştürerek kök kanallarında temizleme etkinliği gösterir (221). EDTA ise şelasyon etkisi gösteren zayıf yapıya sahip bir asittir. Peri ve intertübüler dentin matriksinde dekalsifikasyon oluşturarak kök dentini ve smear tabakasının inorganik yapısı üzerinde etki gösterir (222,223). NaOCl ve EDTA solüsyonlarının kombine kullanımı, Zehnder ver ark (93) tarafından kök kanallarını temizleme ve dezenfekte etme amacıyla önerilen ve genel kabul gören bir irrigasyon rejimidir.

Bu çalışmada kullanılan dişler apikalde #50 numara final ebadına kadar şekillendirildi. Her enstrüman değişimi sonrasında kök kanalları NaOCl solüsyonu ile yıkandı. Usman ve ark tarafından yapılan bir çalışmada, apikal preparasyon ebadı ve enstrümanın sahip olduğu taper derecesinin artmasıyla kök kanallarının temizliği ve irrigant akımının geliştirildiği bildirilmiştir (62). Ayrıca, negatif basınç irrigasyon yöntemi ile çalışan EndoVac sistemin kullanıldığı bir başka çalışmada apikal preparasyon ebadı ve preparasyon taper'ının iletilen irrigant hacmi üzerindeki etkisi

değerlendirilmiştir (224). Bu çalışmada elde edilen bulgulara göre kök kanallarının ISO #35 ebadından ISO #40 ebadına kadar genişletilmesi ile apikal bölgeye iletilen irrigant hacminde %44'lük bir artış meydana geldiği gösterilmiştir. Ayrıca preparasyon taper'ındaki 0.02'den 0.04'e değişen artışın da iletilen irrigant hacminde yaklaşık %74'lük bir artış oluşturduğu belirtilmiştir. Bu sebeple şimdiki çalışmada kök kanallarının apikal üçlü bölgesinde irrigant akımının geliştirilebilmesi amacıyla apikal final preparasyon ebadı ISO #50 olacak şekilde standardize edildi.

Kök kanallarının irrigasyonu sırasında şu hususlar önemlidir: (a) iletim sisteminin kullanılan irrigasyon solüsyonunu kök kanal sisteminin her yerine özellikle de apikal bölgeye iletebilme yeteneği (219), (b) lateral kanal ve istmus gibi mekanik enstrümantasyon ile ulaşılamayan bölgeleri temizleyebilme kapasitesi (219), (c) debrisin kök kanallarından uzaklaştırılabilmesine imkan tanıyacak biçimde kanal lümeni içerisinde güçlü bir akım oluşturabilmesi (162) ve (d) apikal bölgenin irrigasyonu değerlendirilirken 'vapor lock etkisi' adı verilen fenomenin de dikkate alınması. Çünkü kök kanal sistemi periodonsiyum ile çevrili olduğundan dolayı bir ucu kapalı bir boru gibi davranır ve sonuçta apikal üçlü bölgesinde gaz kabarcığı oluşumu gerçekleşir. Bu durum apikal bölgeye irrigasyon solüsyonu akışını önleyerek tam bir temizleme işleminin yapılabilmesini güçleştirir (146,225).

Geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yöntemi günümüzde hala yaygın kabul gören bir irrigant iletim yöntemidir. Ancak bu yöntem kök kanallarının daha koronal bölgelerini etkin biçimde temizleyebilmekle birlikte, apikal üçlü bölgelerde temizleme etkinliği yeterli değildir (135). Bu yöntemde irrigasyon solüsyonunun iğne ucunun bir mm apikalinden daha öteye ilerleyemediği bildirilmiştir (226). Bu sebeple geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon işlemi uygulanırken iğne ucunun kök kanalı içerisinde kanal duvarları arasında herhangi bir sıkışma hissi olmaksızın mümkün olduğunca apikal bölgeye yakın bir mesafede konumlandırılması ve nispeten daha büyük bir pozitif basınç uygulanması gerekmektedir (138). Ancak bu durum irrigantların periapikal dokular içerisine doğru itilmesine ve bu dokuların irritasyonuna sebep olma riskini artırmaktadır (149).

Geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyona kıyasla EndoVac basınç değişimli sistemin kullanıldığı hidrodinamik irrigant aktivasyon yöntemlerinin kök kanallarında daha yüksek seviyede bir temizleme etkinliği sağladığı bildirilmiştir (227).

Hidrodinamik aktivasyon yönteminde irrigant çalışma boyuna kadar iletilebilmekte, daha sonra geri emilmekte ve periapikal dokulara herhangi bir taşkınlık olmaksızın debris daha koronal bölgelere doğru yer değiştirmektedir (138). Daha önceki çalışmalarda EndoVac sistemin apikal bölgelere kontrollü ve etkili biçimde irrigant iletimini sağladığı gösterilmiştir (228,229). Farklı çalışmalarda, geleneksel pozitif basınç irrigasyonu yöntemine kıyasla EndoVac sistemin apikal debridman için daha kısa süreler gerektirdiği (230) ve bu yöntemin kapalı kanal sistemlerinde akışkan dinamiğinin sebep olduğu doğal engellerin üstesinden gelebildiği (212) belirtilmiştir. Şimdiki çalışmada da diğer test edilen yöntemlerle karşılaştırıldığında EndoVac sistemin apikal kanal üçlü bölgelerinde daha düşük debris ve smear tabakası skorları oluşturduğu belirlendi.

Literatürde yayınlanmış önceki çalışmalarda sonik ve ultrasonik cihazlar kullanılarak irrigasyon solüsyonlarının apikal bölgeye daha etkili bir şekilde iletildiği gösterilmiştir (142,181). Bazı çalışmalarda da sonik veya ultrasonik aktivasyonun istmus ve fin gibi kök kanallarının ulaşılması güç bölgelerinde pulpal doku artıkları ve debris daha iyi uzaklaştırabildiği bildirilmiştir (179,181,231). Ancak bazı araştırmacılar, sonik veya ultrasonik aktivasyon sırasında aktive edilen eğenin irrigasyon solüsyonunu terk edip apikaldeki gaz kabarcığı ile temas ettiği durumlarda akustik akım ve kavitasyon etkisinin ortadan kalktığını iddia etmiştir (210,232). Üretici firmaya göre, bu durum apikal negatif basınç yönteminin kullanıldığı EndoVac sistemde söz konusu değildir. Kök kanalları içerisine iletilen solüsyonun eş zamanlı olarak vakumla tahliye edildiği bu sistemde oluşan gaz kabarcıkları emme basıncı sayesinde ortamdan uzaklaştırılır (232). 2010 yılında da Gregorio ve ark tarafından yapılan bir çalışmada, EndoVac sistemin PUİ işlemine kıyasla çalışma boyuna ulaşmada daha etkili olduğu fakat lateral kanallara penetrasyon açısından üstün olmadığı gösterilmiştir (219). Diğer bir çalışmada, NaOCl solüsyonunun simule lateral kanallara ve çalışma boyuna kadar penetre olabilme yeteneği değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, tüm EndoVac grubu örneklerinde çalışma boyuna kadar penetrasyon sağlandığı ve diğer gruplarla aralarında istatistiksel olarak belirgin bir farklılık gösterdiği bildirilmiştir (233). Bir başka çalışmada ise, farklı irrigasyon yöntemleri in vivo olarak değerlendirilmiş ve PUİ yöntemi ile EndoVac sistemin geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yöntemine göre irrigasyon solüsyonunu çalışma boyuna iletmede daha etkili olduğu gösterilmiştir (234).

Heilborn ve ark tarafından yapılan çalışmada, EndoVac sistem farklı uygulama sürelerinde kullanılmış ve geleneksel pozitif basınçlı irrigasyon yöntemine göre apikal bölgede daha kısa uygulama sürelerinde daha iyi bir temizleme etkinliği sağladığı iddia edilmiştir (230).

Günümüzde kök kanallarının obturasyonu öncesinde yapılan final irrigasyon işleminin etkinliğini geliştirmek üzere piyasaya sunulan değişik teknik ve sistemler mevcut olup bu çalışmanın amacı, değişik çalışma prensiplerine sahip dört farklı tekniğin (geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon, PUI, Er,Cr:YSGG lazer sistem ve EndoVac sistem) temizleme etkinliğinin değerlendirilmesi idi. Bu çalışmada kök kanal enstrümantasyonu döner nikel-titanyum enstrümanlar ile gerçekleştirildi. Apikal bölgedeki final preparasyon boyutu bütün gruplarda irrigasyon solüsyonunun tüm çalışma boyuna kadar ilerlemesine olanak sağlamak için F5 (#50, .05 taper) numaralı alet ile bitirildi.

Endodontik tedavide kök kanallarının dezenfeksiyonu aşamasında değişik lazer sistemleri kullanılarak kanaldaki artık dokular buharlaştırılabilir, apikal bölgelerdeki rezidüel doku elimine edilebilir ve smear tabakası uzaklaştırılabilir (194,195,197). Lazer sistemleri bu özelliklerini; kanal geometrisi, dokular tarafından absorbe edilen ışık miktarı, lazer ucu ile hedef arasındaki mesafe ve uygulama süresi gibi değişik faktörlere bağlı olarak sergilemektedirler (198,199). Blanken ve ark tarafından gerçekleştirilen bir çalışma serisinde, lazer enerjisi kullanımının kök kanallarının irrigasyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir (205). Araştırmacılar, endodontik irrigasyon solüsyonu içerisindeki buharlaşma ve kavitasyon kabarcığı oluşumu ile ilgili literatürde yeterli veri olmadığını ve fiber uçların solüsyon içerisinde hareketli mi yoksa statik halde mi olduğunun yeterince bilinmediğini belirtmişlerdir. Bu amaçla yaptıkları çalışmanın ilk bölümünde Er,Cr:YSGG lazer kullanımı ile oluşan etki mekanizmasını ve akışkan hareketlerini incelemişlerdir (205). Farklı enerji seviyelerinde kullanılan Er,Cr:YSGG lazer ile cam modelden imal edilen yapay kök kanalları içerisindeki gaz kabarcığı oluşumunu yüksek çözünürlüğe sahip bir görüntüleme tekniği ile kaydetmişlerdir. Bu çalışmada akışkan hareketi, yapay kanallar içerisindeki boyanın yer değiştirmesi ve gaz kabarcığı oluşumunun gözlenmesi ile tespit edildi. Sonuç olarak, kök kanal irrigasyon solüsyonu içerisinde kullanılan Er,Cr:YSGG lazerin çalışma mekanizmasının kavitasyon etkisine bağlanabileceğini belirtmişlerdir. Söz konusu bu

kavitasyon etkisi solüsyonun yüksek hızda hareketine sebep olmaktadır. Ayrıca fiber uçların kök apeksine yaklaştırılmasının da zorunlu olmadığı ifade edilmiştir.

Lazerle aktive edilen irrigasyon işleminin kök kanallarından debrisini uzaklaştırma etkisi geleneksel irrigasyon ve PUI yöntemleri ile karşılaştırılmıştır (206). Bu amaçla kanal duvarı üzerinde oluk hazırlama modeli kullanılmıştır. Buna göre, kök kanal duvarlarından bir yarımı üzerinde kanalın son noktasına 2-6 mm'lik mesafeler arasında dikey bir oluk açıldı ve içerisine dentin debrisini yerleştirildi. Daha sonra irrigasyon yöntemleri uygulanarak oluk içerisinde geriye kalan debris miktarı hesaplandı. Araştırmacılar, değerlendirilen diğer yöntemlere kıyasla lazer ile aktive edilen irrigasyon yönteminin kök kanallarından istatistiksel açıdan belirgin biçimde daha fazla miktarda debris uzaklaştırdığını bildirmişlerdir. Oysa şimdiki çalışmadan elde edilen bulgular, kullanılan Er,Cr:YSGG lazer sisteminin kök kanallarından debrisini uzaklaştırmada başarısız olduğunu belirtmektedir. Bu durum lazer sistem kullanımının peritübüler dentini yıkıma uğratmasına atfedilebilir. Bahsedilen çalışmada lazer sistem kök kanalları içerisinde toplam 20 sn çalışmıştır. Buna karşın, şimdiki çalışmada gruplar arasında eşit bir irrigasyon süresi olması açısından Er,Cr:YSGG lazer sistemi ile toplam 3 dk aktif irrigasyon uygulandı. Bu durum elde edilen SEM görüntülerinde görülen peritübüler dentin yıkımına katkıda bulunabilir.

Lazer sistemlerinin smear tabakası üzerine olan etkileri bazı çalışmalarda incelenmiştir (198,200). Bazı sonuçlar, lazerin smear tabakasını oluşturmadığı yönünde olsalar da bazıları ise dentinin tamamen eridiği ve rekristalize olduğu yönünde rapor edilmiştir. Takeda ve ark (195) ile Kimura ve ark (235) yaptıkları çalışmalarda, erbium-yttrium-aluminium-garnet (Er:YAG) lazer kullanmışlar ve başka lazer tiplerinin kullanımında görülen dentinin erime veya rekristalizasyonu gibi bulgular olmaksızın smear tabakasının optimum seviyede uzaklaştırıldığını bildirmişlerdir. Ancak araştırmacıların smear tabakasının uzaklaştırılabildiğini göstermesine karşın, elde edilen mikroskopik görüntülerde peritübüler dentinin de yıkıma uğradığı gözükmemektedir. Şimdiki çalışmada kullanılan Er,Cr:YSGG lazer ile elde edilen mikroskopik görüntülerde de peritübüler dentin yıkımı ile ilgili bulguların mevcudiyeti ile karşılaşılmıştır. Smear tabakası ve debrisin uzaklaştırılmasında lazer sistem kullanımına ilişkin esas sorun, günümüzdeki mevcut büyük lazer uçları ile dar kök kanal sistemleri içerisine erişim imkanının kısıtlı olmasıdır (7). Sonuç olarak hiçbir lazer tipinin kök

kanallarından debris ve smear tabakasını tam olarak uzaklaştıramadığı gözükmemektedir (194,196,197).

Düşük (örn, %1) (44) ve/veya %2-4 gibi yüksek (236) konsantrasyona sahip NaOCl solüsyonlarının ultrasonik enerji ile kombine kullanımının kök kanallarındaki debrisini uzaklaştırabildiği bildirilmiştir. Ahmad ve ark yaptıkları çalışmada koronal bölgelere kıyasla kök kanallarının apikal bölgelerinde geride daha az debris ve smear tabakası kaldığını bulmuşlardır (44). Bu durumu eğerin apikalinde meydana gelen akustik streamingde daha yoğun bir magnitüd ve akım hızı oluşumuna bağlamışlardır. Bir başka çalışmada ise bir dakikalık ultrasonik irrigasyonun smear tabakasını uzaklaştırmada etkisiz olduğu, buna karşın üç ve beş dakikalık sürelerin temiz kök kanalları elde edilmesinde yeterli olduğu gösterilmiştir (237). Ancak ultrasonik preparasyon işleminin smear tabakasını uzaklaştıramadığı çeşitli çalışmalarda rapor edilmiştir (238,239). Bunun üzerine ultrasonik enerjinin preparasyon işlemi sırasında değil enstrümantasyon bitiminde sadece final irrigasyonda kullanımı gündeme gelmiş ve PUI olarak adlandırılmıştır (138). Ege ucunun kök kanal enstrümantasyonu boyunca kanal duvarları ile direkt temasının akustik akımı düşürdüğü (44,173), oysa daha küçük ebatlara sahip ultrasonik eğelerin uç kısımlarının solüsyon içerisinde serbest halde titreşmesinin akustik akımı geliştirdiği ifade edilmiştir (7). Bu amaçla Lumley ve ark, kök kanallarından debrisini uzaklaştırmak üzere mikro akımı geliştirmek amacıyla sadece 15 numaralı ultrasonik eğe kullanımını önermişlerdir (169). Ancak yine de yüksek konsantrasyonda NaOCl solüsyonuna ultrasonik olarak enerji verildiğinde dahi kök kanal duvarlarından smear tabakasının uzaklaştırılamadığı da rapor edilmiştir (240).

De Moor ve ark tarafından 2010 yılında yapılan bir çalışmada, Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazer sistemlerinin kök kanal duvarları üzerindeki yapay oluklardaki dentin debrisini uzaklaştırma etkinliği PUI yöntemi ile karşılaştırılmıştır (241). Irrigasyon öncesi ve sonrasında kanal duvarı üzerindeki oluktan fotoğraflar alınmış ve değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, erbium lazerlerin kullanıldığı lazer ile aktive irrigasyon işleminin PUI yöntemi kadar etkin olduğu bildirilmiştir. Oysa şimdiki çalışmanın bulguları, Er,Cr:YSGG lazer sisteminin PUI yöntemine kıyasla debris uzaklaştırma etkinliğinin daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum ilgili lazer sisteminin kullanımı sırasında daha önce bahsedildiği gibi peritübüler dentinde meydana gelen yıkım sebebiyle olabilir.

Şimdiki çalışmanın sonuçları, tüm kanal üçlü bölgelerinin toplam ortalama skorları hesaba katıldığında hem debris hem de smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği açısından geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yöntemi ve Er,Cr:YSGG lazer sisteminin başarısız olduğunu göstermektedir. Oysa PUI ile EndoVac sistem hem debris hem de smear tabakasını etkili biçimde uzaklaştırabilmiştir. Sonuçlar Er,Cr:YSGG lazer sistemin debris açısından en yüksek skorlara sahip olduğunu ve bunu geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yönteminin takip ettiğini ancak aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. PUI ve EndoVac sisteme ait skorların ise diğer iki gruba göre belirgin derecede daha düşük olduğu ancak birbirlerine göre istatistiksel açıdan belirgin bir farklılık göstermedikleri bulunmuştur.

Smear tabakası açısından yine geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yöntemi ve Er,Cr:YSGG lazer sistem oldukça yüksek skorlar ortaya koymuş olup aralarında belirgin bir istatistiksel farklılık bulunamamıştır. Ancak, PUI ve EndoVac sistem smear tabakasını belirgin biçimde elimine etmiş olup aralarındaki fark anlamlıdır. Değerlendirilen her bir grupta eşit süre EDTA solüsyonu kullanılmış olmasına karşın, smear tabakasının EndoVac sistem ile daha etkin uzaklaştırılabilmiş olması bu sistemin çalışma prensibindeki negatif basınç yardımıyla irrigant akımında oluşturulan türbülansa atfedilebilir. Ayrıca irrigant akımının yönü geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yönteminde apikalden koronal bölgeye doğru iken, bu durum EndoVac sistemde aksi yönde ve koronalden apikale doğrudur. Dahası EndoVac sistem, solüsyonu minimum seviyede periapikal bölgeye taşıma riski ile birlikte çalışma boyuna iletebilme yeteneğine de sahiptir (229,242,243). Bu sistemde irrigasyon solüsyonu kök kanalı içerisine basınç ile iletiğinden daha iyi bir mekanik yıkama etkisi oluşur. Çalışma boyuna kadar sürekli biçimde taze irrigant akımının sağlanması ile de apikalde gaz kabarcığı oluşumu gerçekleşmez. Apikal preparasyon ebadı arttıkça mikro kanülün çevresindeki kanal duvarları ile temas ihtimali azalır ve kanülün uç kısmına iletilen irrigant hacminde artış olur. Bu durum apikalde daha yüksek bir smear tabakası uzaklaştırma etkinliğini netice verebilir (220,244).

Ancak karşılaştırılan yöntemlerin etkinlikleri arasındaki farklılıklara rağmen yine de hiçbir yöntem kök kanal duvarlarından smear tabakasını tam olarak uzaklaştırmayı başaramamıştır. Bu durum farklı sebeplere bağlı olarak gelişebilmektedir. Öyle ki apikal bölgede dentin tübülleri hem sayıca daha az hem de düzensiz yapıdadır (212).

Dahası, koronal ve orta üçlü bölgelere kıyasla apikaldeki dentin tübüllerinin ebatları hem daha küçük hem de çoğunlukla skleroze yapıda olduğundan bu bölgede smear tabakasının uzaklaştırılma etkinliğinin değerlendirilmesi zor olabilmektedir (212).

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar literatür bilgileri ile uyumludur (212,228,245-247). Parente ve ark, final irrigasyon işlemi için EndoVac sistemi manuel dinamik ajitasyon ile apikal bölgenin hem açık hem de kapalı olduğu kanal sistemlerinde karşılaştırmışlardır (212). Sonuç olarak, manuel dinamik ajitasyonun aksine EndoVac sistemin her iki kanal sistemi varlığında da hem debris hem de smear tabakasını etkin biçimde uzaklaştırabildiği rapor edilmiştir. Ayrıca EndoVac sistemin özellikle de klinik koşulları taklit etmesi amacıyla dizayn edilen kapalı kanal sistemi içerisinde mevcut akışkan dinamikleri ile ilgili engellerin üstesinden gelebilen etkili bir yöntem olduğu da vurgulanmıştır. Susin ve ark 2010 yılında yaptıkları bir çalışmada, sığ istmuslara sahip alt birinci büyük azı dişlerin mezyal köklerini kullanarak EndoVac sistem ile manuel dinamik irrigasyon yönteminin kanal ve istmus bölgelerindeki debridman etkinliğini karşılaştırmışlardır (245). Mikro bilgisayarlı tomografinin kullanıldığı bu çalışmanın sonuçları, anatomik apekten bir ile 2.8 mm mesafede değerlendirilen 10 farklı kanal seviyesinde her iki yöntem arasında belirgin bir farklılık olmadığını göstermesine karşın, EndoVac sistemin kullanıldığı grupta istmus bölgesinde çok daha az debris varlığı olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmacılar sonuç olarak hiçbir tekniğin istmus bölgesindeki debrisini tam olarak uzaklaştırmayı başaramadığını belirtmekle birlikte EndoVac sistemin kayda değer seviyede daha çok debrisini ortadan kaldırdığını rapor etmişlerdir.

Nielsen ve Baumgartner yaptıkları bir çalışmada, EndoVac sistemin debridman etkinliğini geleneksel şırınga iğnesinin kullanıldığı irrigasyon yöntemi ile karşılaştırmışlardır (228). Enstrümantasyon ve final irrigasyon işlemleri sonrasında çalışma boyundan bir ve üç mm mesafede örneklerden kesitler alarak geride kalan debris yüzdesini değerlendirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar, EndoVac sistem kullanımı ile kanal lümenine daha fazla miktarlarda irrigant gönderildiğini ve bununla birlikte özellikle çalışma boyundan bir mm mesafedeki kanal temizliğinin belirgin biçimde daha iyi derecede olduğunu ortaya koymuştur. 2010 yılında yapılan diğer bir çalışmada, yine EndoVac sistem ve geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yönteminin kanal debridman etkinliği in vivo şartlarda karşılaştırılmıştır (246). Örnekler in vivo koşullarda

enstrümanle edilip final irrigasyon uygulamasını takiben çekildi ve çalışma boyundan bir ile üç mm mesafeler arasında her biri altı µm kalınlığında altı adet kesit alındı. En fazla debris içeren kesitler fotoğraflandı. Sonuçlar; çalışma boyundan üç mm mesafede gruplar arasında herhangi bir farklılık görülmemesine karşın, bir mm mesafede EndoVac sistemin geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yöntemine kıyasla belirgin biçimde daha düşük seviyede debris bıraktığını ortaya koymuştur. Sonuç olarak araştırmacılar, EndoVac sistemin çalışma boyuna daha yakın mesafelerde kanal temizliği açısından daha etkili bir yöntem olduğunu vurgulamışlardır (246).

Yine bir başka çalışmada Shin ve ark (247), farklı ebatlara kadar apikal genişletme yapılan örnekler üzerinde değişik uç ebadına (24 ve 30 gauge) sahip geleneksel şırınga iğneleri ile EndoVac sistemin debridman etkinliğini karşılaştırmıştır. Her bir grup içerisindeki örnekler üç alt gruba ayrılarak farklı apikal ebatlara (#25, #40 ve #60) kadar enstrümanle edildi. Çalışma boyundan 1.5 ve 3.5 mm mesafelerde dört µm kalınlığında kesitler hazırlandı ve fotoğrafları kaydedildi. Elde edilen bulgular, her iki seviyede de EndoVac sistem ile geleneksel şırınga irrigasyonu arasında belirgin farklılıklar olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca apikal preparasyon ebadı ile irrigasyon etkinliği arasında da pozitif bir ilişki olduğu ortaya konulmuştur. Sonuç olarak, üç metodun da kök kanalını temizleyebildiği ancak EndoVac sistemin belirgin biçimde daha az debris bıraktığı rapor edilmiştir. Daha büyük apikal preparasyon ebatlarının apikaldeki kanal debridmanını geliştirdiği de vurgulanmıştır. Bu sonuçlar şimdiki çalışmanın sonuçları ile uyumludur. Şimdiki çalışmadan elde edilen sonuçlar, EndoVac sistemin diğer gruplara kıyasla örneklerin apikal bölgelerinde daha iyi bir debridman sağladığını ve smear tabakasını etkin biçimde uzaklaştırabildiğini göstermektedir.

Ancak Howard ve ark tarafından yapılan çalışmanın sonuçları şimdiki çalışmanın bulguları ile çelişki göstermektedir. Söz konusu bu çalışmanın (248) amacı; alt büyük azı dişlerinde EndoVac sistem, PiezoFlow ve geleneksel şırınga iğnesi (Max-i-Probe) ile irrigasyon yöntemleri arasında debris uzaklaştırma etkinliği açısından herhangi bir farklılık olup olmadığının değerlendirilmesiydi. Bu amaçla alt büyük azı dişlerinin mezyal kökleri rezin içerisine monte edilerek apeksten iki ve dört mm mesafede kesitler alındı. Daha sonra örnekler tekrar birleştirilerek standart enstrümantasyon ve irrigasyon protokolleri uygulandı. Final irrigasyon öncesinde kanal ve istmus bölgelerinin görüntüleri elde edildi. Her bir kanal ve istmus bölgesinin temizliği yüzdelik olarak

hesaplandı. Örnekler tekrar birleştirilerek final irrigasyon işlemi uygulandı ve tekrar görüntü alınarak kanal ve istmus temizliği incelendi. Böylece elde edilen verilerden final irrigasyon öncesi ve sonrasındaki kanal ve istmus temizliği arasında karşılaştırmalar yapıldı. Sonuç olarak yazarlar; değerlendirilen yöntemlerle gerçekleştirilen final irrigasyon işlemi sonrasında her iki kanal seviyesindeki hem kanal hem de istmus bölgelerindeki temizliğin belirgin biçimde geliştirildiğini belirtmelerine karşın, final irrigasyon öncesi veya sonrasında elde edilen temizlik seviyesi bakımından üç grup arasında belirgin herhangi bir farklılık olmadığını da rapor etmişlerdir. Ancak bunun aksine, şimdiki çalışmada elde edilen bulgular kök kanallarının apikal uçlu bölgelerinde EndoVac sistemin karşılaştırılan diğer yöntemlere kıyasla daha düşük skorlar elde ettiğini ve daha iyi bir kanal temizliği sağladığını göstermektedir. Howard ve ark'nın çalışmasında (248) değerlendirilen farklı yöntemler ile mümkün olduğunca eşit hacimde irrigant kullanılmasına dikkat edilmiştir. Oysa şimdiki çalışmada irrigasyon süreleri eşitlenmiş ve dolayısıyla test edilen yöntemlerde farklı miktarlarda solüsyon kullanılmıştır. Bu durum, daha büyük miktarlarda irrigasyon solüsyonunu kök kanalları içerisine daha hızlı iletip yine daha hızlı tahliye eden EndoVac sistemin daha iyi bir kanal temizliği sağlamasını açıklayabilir.

Ribeiro ve ark tarafından yapılan ve diğer çalışmalara kıyasla daha geniş bir grup sayısını kapsayan bir çalışmada (220), farklı yöntemlerin debris uzaklaştırma ve smear tabakasını kaldırma etkinlikleri değerlendirilmiştir. Değerlendirilen yöntemler: herhangi bir aktivasyon işleminin uygulanmadığı ve NaviTip iğnelerin kullanıldığı geleneksel şırınga irrigasyonu, fırça kaplı NaviTip FX iğnesi ile uygulanan aktif irrigasyon, manuel dinamik irrigasyon, PUI yöntemi ve EndoVac sistemin kullanıldığı apikal negatif basınç irrigasyonudur. Örneklerin final irrigasyon işlemini takiben ikiye bölünerek SEM altında incelenmesi sonrasında elde edilen bulgular, PUI ve EndoVac sistemin debris uzaklaştırma konusunda en etkin yöntemler olduğunu göstermiştir. Ancak hiçbir teknik kök kanallarından debris ve smear tabakasını tam olarak uzaklaştırmayı başaramamıştır. Araştırmacılar sonuç olarak, makine destekli PUI ve EndoVac sistemlerin manuel yöntemlere kıyasla daha etkin bir temizlik sağladığını rapor etmişlerdir. Bu bulgular şimdiki çalışma ile desteklenmektedir. Fakat smear tabakasını kaldırma konusunda söz konusu çalışmada elde edilen bulgular şimdiki çalışma sonuçları ile çelişkidir. Öyle ki bu çalışmada kullanılan irrigasyon yöntemleri ve değerlendirilen kanal uçlu bölgeleri

arasında smear tabakasını kaldırma etkinliği açısından belirgin herhangi bir farklılık bulunamamıştır. Oysa bunun aksine şimdiki çalışmadaki bulgular, EndoVac sistem ve PUI yöntemlerinin smear tabakasını etkin biçimde kaldırdığını ve özellikle de EndoVac sistemin apikal bölgelerde diğer gruplara kıyasla belirgin biçimde daha etkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, şimdiki çalışmada kullanılan irrigasyon solüsyonlarının değişik yöntemlerle kök kanallarına aktif uygulanması sonrasında yine aynı süre pasif olarak kök kanalı içerisinde beklemesinin bir sonucu olabilir. Bu sayede kök kanalları içerisindeki solüsyonlar etkilerini bu süre boyunca gösterebilmektedir.

Ribeiro ve ark tarafından yapılan çalışmanın aksine, EndoVac sistemin kök kanal duvarları üzerindeki smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini değerlendiren başka çalışmalar (244,249) bu yöntemin özellikle de apikal bölgelerde oldukça etkili olduğunu rapor etmektedir. 2011 yılında yapılan bir çalışmada Abarajithan ve ark (249), EndoVac sistem ve geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yöntemlerinin kanal duvarlarından smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini karşılaştırmıştır. Araştırmacılar sonuç olarak; kök kanalının koronal ve orta üçlü bölgelerinde gruplar arasında herhangi bir farklılık olmadığını belirtmesine karşın, apikal üçlü bölgesinde (üç mm) EndoVac sistemin smear tabakasını belirgin biçimde daha iyi uzaklaştırdığını rapor etmişlerdir. Yine bir başka çalışmada Saber ve Hashem (244), farklı final irrigasyon ve aktivasyon tekniklerinin smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini değerlendirmiştir. Bu amaçla apikal negatif basınç (EndoVac), manuel dinamik ajitasyon ve PUI yöntemleri karşılaştırılmıştır. SEM'den elde edilen görüntülerde pasif irrigasyon ve PUI kullanımında en yüksek smear tabakası değerleri bulundu. Bunu manuel dinamik ajitasyon ve EndoVac sistem takip etmiştir. Apikal negatif basınç yöntemi ile elde edilen değerler diğer gruplardan istatistiksel açıdan belirgin derecede daha düşük seviyede idi. Sonuç olarak araştırmacılar, pasif irrigasyon ve PUI işlemlerine kıyasla apikal negatif basınç ve manuel dinamik ajitasyon yöntemleri ile uygulanan final irrigant aktivasyonunun daha iyi smear tabakası uzaklaştırma etkinliği gösterdiğini bildirmişlerdir. Söz konusu bu bulgular, EndoVac sistemin apikal bölgelere doğru ilerledikçe smear tabakası uzaklaştırma etkinliğinde herhangi bir azalma olmadığını gösteren şimdiki çalışmanın sonuçlarını desteklemektedir.

Klinik koşullar kapalı bir kanal modeli oluşturarak irrigasyon solüsyonlarının özellikle de kök kanallarının apikal bölümlerinde temizleme etkinliğini engeller.

Literatürdeki birçok çalışma kapalı kanal modelini kullanarak bu olumsuz durumun üstesinden gelebilecek yöntem ve teknikleri belirlemeye çalışmıştır (212,245). Parente ve ark, debris ve smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla manuel dinamik ajitasyon veya EndoVac sistemi karşılaştırdıkları bir çalışmada ‘açık’ veya ‘kapalı’ kanal sistem dizaynları arasında kanal temizleme etkinliği açısından herhangi bir farklılık olup olmadığını değerlendirmişlerdir (212). Ulaştıkları bulgular, manuel dinamik ajitasyonun kapalı kanal sistemindeki etkinliğinin açık kanal sistemi ve EndoVac sisteme kıyasla belirgin biçimde daha düşük olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar, kapalı bir apikal foramen varlığının kanal temizleme etkinliğini EndoVac sistem kullanıldığında etkilemediğini ve bu yöntemin kapalı kanal sistemlerinde akışkan dinamiğinin oluşturduğu engellerin üstesinden gelebildiğini rapor etmişlerdir. Susin ve ark ise, kapalı kanal sistemi şartlarında iki farklı yöntemin kanal ve istmus temizleme etkinliklerini mikro bilgisayarlı tomografi görüntüleri yardımıyla karşılaştırmışlardır (245). Anatomik apekslerin bir ve 2.8 mm’lik mesafeleri arasındaki 10 farklı seviyeden aldıkları kesitlerde debris miktarını incelemişlerdir. Enstrümente edilen kanal bölgelerinde değerlendirilen 10 seviyenin tümünde manuel dinamik irrigasyon ve EndoVac sistem arasında herhangi bir farklılık bulunmamakla birlikte istmus bölgelerinde EndoVac grubu örneklerinde daha az debris varlığı görüldü. Sonuç olarak araştırmacılar, değerlendirilen hiçbir yöntemin istmus bölgelerinden debrisyi tamamen uzaklaştıramadığını, ancak EndoVac sistemin alt büyük azı dişlerinin mezyal köklerindeki sık istmus bölgelerinde belirgin biçimde daha fazla debris uzaklaştırmış olduğunu belirtmişlerdir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

1. Bu çalışmada değerlendirilen irrigasyon/ajitasyon yöntemleri arasında kök kanallarındaki debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında en etkili yöntemin apikal negatif basınç prensibi ile çalışan EndoVac sistem olduğu, bunu PUI yönteminin takip ettiği bulundu.
2. Üretici firma önerilerine göre belirtilen parametrelerde kullanılan Er,Cr:YSGG lazer sistem ve geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yönteminin kök kanallarının temizlenmesinde yetersiz kaldığı tespit edildi.
3. EndoVac sistem haricindeki diğer tüm yöntemlerde hem debris hem de smear tabakası uzaklaştırma etkinliğinin koronal bölgelerden apikal bölgelere doğru ilerledikçe azaldığı görüldü. Oysa EndoVac sistemin kullanıldığı örneklerde koronal, orta ve apikal üçlü bölgeleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık olmaksızın etkili bir temizlik sağlandı.
4. Ancak çalışmada kullanılan hiçbir yöntem ve cihaz kök kanallarından debris ve smear tabakasını tam olarak uzaklaştıramadı.
5. Bu in vitro çalışmanın sınırları dahilinde EndoVac sistem ile elde edilen başarılı bulguların klinik randomize kontrollü çalışmalarda doğrulanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Gutmann JL (1992). Clinical, radiographic, and histologic perspectives on success and failure in endodontics. *Dent Clin North Am* 36: 379-92.
2. Siqueira JF, Jr., Rocas IN (2008). Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod* 34: 1291-1301 e3.
3. Wu MK, Wesselink PR (2001). A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J* 34: 137-41.
4. Zmener O, Pameijer CH, Banegas G (2005). Effectiveness in cleaning oval-shaped root canals using Anatomic Endodontic Technology, ProFile and manual instrumentation: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 38: 356-63.
5. Paque F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M (2009). Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *J Endod* 35: 1044-7.
6. van der Sluis LW, Shemesh H, Wu MK, Wesselink PR (2007). An evaluation of the influence of passive ultrasonic irrigation on the seal of root canal fillings. *Int Endod J* 40: 356-61.
7. Violich DR, Chandler NP (2010). The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J* 43: 2-15.
8. Michelich VJ, Schuster GS, Pashley DH (1980). Bacterial penetration of human dentin in vitro. *J Dent Res* 59: 1398-403.
9. Bystrom A, Sundqvist G (1985). The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J* 18: 35-40.
10. Sen BH, Wesselink PR, Turkun M (1995). The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J* 28: 141-8.
11. Tay FR, Pashley DH, Loushine RJ, Doyle MD, Gillespie WT, Weller RN, King NM (2006). Ultrastructure of smear layer-covered intraradicular dentin after irrigation with BioPure MTAD. *J Endod* 32: 218-21.
12. Moodnik RM, Dorn SO, Feldman MJ, Levey M, Borden BG (1976). Efficacy of biomechanical instrumentation: a scanning electron microscopic study. *J Endod* 2: 261-6.
13. Rubin LM, Skobe Z, Krakow AA, Gron P (1979). The effect of instrumentation and flushing of freshly extracted teeth in endodontic therapy: a scanning electron microscope study. *J Endod* 5: 328-35.

14. Wayman BE, Kopp WM, Pinero GJ, Lazzari EP (1979). Citric and lactic acids as root canal irrigants in vitro. *J Endod* 5: 258-65.
15. Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Lin PS (1982). The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: Part 2. *J Endod* 8: 487-92.
16. Moorer WR, Wesselink PR (1982). Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J* 15: 187-96.
17. Berry EA, 3rd, von der Lehr WN, Herrin HK (1987). Dentin surface treatments for the removal of the smear layer: an SEM study. *J Am Dent Assoc* 115: 65-7.
18. Ayad MF (2004). Lactic acid root canal irrigation for dowel and core treatment: a pilot study. *J Prosthet Dent* 92: 540-5.
19. Bitter NC (1989). A 25% tannic acid solution as a root canal irrigant cleanser: a scanning electron microscope study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 67: 333-7.
20. Bitter NC (1989). Tannic acid for smear layer removal: pilot study with scanning electron microscope. *J Prosthet Dent* 61: 503-7.
21. Garberoglio R, Becce C (1994). Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 78: 359-67.
22. Berg MS, Jacobsen EL, BeGole EA, Remeikis NA (1986). A comparison of five irrigating solutions: a scanning electron microscopic study. *J Endod* 12: 192-7.
23. Goldberg F, Abramovich A (1977). Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. *J Endod* 3: 101-5.
24. Calt S, Serper A (2000). Smear layer removal by EGTA. *J Endod* 26: 459-61.
25. Nelson-Filho P, Leite Gde A, Fernandes PM, da Silva RA, Rueda JC (2009). Efficacy of SmearClear and ethylenediaminetetraacetic acid for smear layer removal in primary teeth. *J Dent Child* 76: 74-7.
26. da Silva LA, Sanguino AC, Rocha CT, Leonardo MR, Silva RA (2008). Scanning electron microscopic preliminary study of the efficacy of SmearClear and EDTA for smear layer removal after root canal instrumentation in permanent teeth. *J Endod* 34: 1541-4.
27. Khedmat S, Shokouhinejad N (2008). Comparison of the efficacy of three chelating agents in smear layer removal. *J Endod* 34: 599-602.

28. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, Kim J, Shabahang S (2003). A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod* 29: 170-5.
29. Torabinejad M, Cho Y, Khademi AA, Bakland LK, Shabahang S (2003). The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. *J Endod* 29: 233-9.
30. Torabinejad M, Shabahang S, Aprecio RM, Kettering JD (2003). The antimicrobial effect of MTAD: an in vitro investigation. *J Endod* 29: 400-3.
31. Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS (1983). A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *J Endod* 9: 137-42.
32. White RR, Goldman M, Lin PS (1984). The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *J Endod* 10: 558-62.
33. Baumgartner JC, Mader CL (1987). A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod* 13: 147-57.
34. Cengiz T, Aktener BO, Piskin B (1990). Effect of dentinal tubule orientation on the removal of smear layer by root canal irrigants. A scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 23: 163-71.
35. Koskinen KP, Meurman JH, Stenvall H (1980). Appearance of chemically treated root canal walls in the scanning electron microscope. *Scand J Dent Res* 88: 397-405.
36. Baumgartner JC, Brown CM, Mader CL, Peters DD, Shulman JD (1984). A scanning electron microscopic evaluation of root canal debridement using saline, sodium hypochlorite, and citric acid. *J Endod* 10: 525-31.
37. Bjorvatn K, Olsen HC (1982). The effect of penicillin- and tetracycline-containing medicaments on the microhardness of human dental enamel. An in vitro study. *Acta Odontol Scand* 40: 299-305.
38. Bjorvatn K (1982). Antibiotic compounds and enamel demineralization. An in vitro study. *Acta Odontol Scand* 40: 341-52.
39. Barkhordar RA, Watanabe LG, Marshall GW, Hussain MZ (1997). Removal of intracanal smear by doxycycline in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 84: 420-3.

40. Cunningham WT, Martin H, Forrest WR (1982). Evaluation of root canal debridement by the endosonic ultrasonic synergistic system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 53: 401-4.
41. Cunningham WT, Martin H (1982). A scanning electron microscope evaluation of root canal debridement with the endosonic ultrasonic synergistic system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 53: 527-31.
42. Gomma MM, Samy IS, Farag MM, Elinein NA (1992). Vibration pattern of different endosonic instruments. *Egypt Dent J* 38: 131-7.
43. Martin H (1976). Ultrasonic disinfection of the root canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 42: 92-9.
44. Ahmad M, Pitt Ford TJ, Crum LA (1987). Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod* 13: 490-9.
45. Alacam T (1987). Scanning electron microscope study comparing the efficacy of endodontic irrigating systems. *Int Endod J* 20: 287-94.
46. Midda M, Renton-Harper P (1991). Lasers in dentistry. *Br Dent J* 170: 343-6.
47. Myers ML (1991). The effect of laser irradiation on oral tissues. *J Prosthet Dent* 66: 395-7.
48. Miller M, Truhe T (1993). Lasers in dentistry: an overview. *J Am Dent Assoc* 124: 32-5.
49. Berkiten M, Berkiten R, Okar I (2000). Comparative evaluation of antibacterial effects of Nd:YAG laser irradiation in root canals and dentinal tubules. *J Endod* 26: 268-70.
50. Dederich DN, Zakariasen KL (1993). Laser use debated. *J Am Dent Assoc* 124: 12, 14, 16.
51. Dederich DN (1993). Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue? *J Am Dent Assoc* 124: 57-61.
52. Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ (1965). The Effects of Surgical Exposures of Dental Pulp in Germ-Free and Conventional Laboratory Rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 20: 340-9.
53. Moller AJ, Fabricius L, Dahlen G, Ohman AE, Heyden G (1981). Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissue in monkeys. *Scand J Dent Res* 89: 475-84.

54. Fabricius L, Dahlen G, Holm SE, Moller AJ (1982). Influence of combinations of oral bacteria on periapical tissues of monkeys. *Scand J Dent Res* 90: 200-6.
55. Fabricius L, Dahlen G, Sundqvist G, Happonen RP, Moller AJ (2006). Influence of residual bacteria on periapical tissue healing after chemomechanical treatment and root filling of experimentally infected monkey teeth. *Eur J Oral Sci* 114: 278-85.
56. Sundqvist G (1992). Associations between microbial species in dental root canal infections. *Oral Microbiol Immunol* 7: 257-62.
57. Sundqvist G (1992). Ecology of the root canal flora. *J Endod* 18: 427-30.
58. Bystrom A, Claesson R, Sundqvist G (1985). The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. *Endod Dent Traumatol* 1: 170-5.
59. Liolios E, Economides N, Parissis-Messimeris S, Boutsoukis A (1997). The effectiveness of three irrigating solutions on root canal cleaning after hand and mechanical preparation. *Int Endod J* 30: 51-7.
60. Siqueira JF, Jr., Rocas IN, Favieri A, Lima KC (2000). 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* 26: 331-4.
61. Card SJ, Sigurdsson A, Orstavik D, Trope M (2002). The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J Endod* 28: 779-83.
62. Usman N, Baumgartner JC, Marshall JG (2004). Influence of instrument size on root canal debridement. *J Endod* 30: 110-2.
63. Burleson A, Nusstein J, Reader A, Beck M (2007). The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *J Endod* 33: 782-7.
64. Soares PV, Santos-Filho PC, Queiroz EC, Araujo TC, Campos RE, Araujo CA, Soares CJ (2008). Fracture resistance and stress distribution in endodontically treated maxillary premolars restored with composite resin. *J Prosthodont* 17: 114-9.
65. McComb D, Smith DC (1975). A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod* 1: 238-42.

66. Bystrom A, Sundqvist G (1981). Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res* 89: 321-8.
67. Abou-Rass M, Piccinino MV (1982). The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 54: 323-8.
68. Peters OA, Laib A, Gohring TN, Barbakow F (2001). Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. *J Endod* 27: 1-6.
69. Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J (2005). 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* 99: 231-52.
70. Mohammadi Z, Abbott PV (2009). The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J* 42: 288-302.
71. Mohammadi Z, Abbott PV (2009). On the local applications of antibiotics and antibiotic-based agents in endodontics and dental traumatology. *Int Endod J* 42: 555-67.
72. Mohammadi Z, Abbott PV (2009). Antimicrobial substantivity of root canal irrigants and medicaments: a review. *Aust Endod J* 35: 131-9.
73. Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow F (2003). ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *Int Endod J* 36: 86-92.
74. Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow F (2003). ProTaper rotary root canal preparation: assessment of torque and force in relation to canal anatomy. *Int Endod J* 36: 93-9.
75. Paque F, Barbakow F, Peters OA (2005). Root canal preparation with Endo-Eze AET: changes in root canal shape assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J* 38: 456-64.
76. Alapati SB, Brantley WA, Svec TA, Powers JM, Nusstein JM, Daehn GS (2004). Proposed role of embedded dentin chips for the clinical failure of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 30: 339-41.

77. Paque F, Rechenberg DK, Zehnder M (2012). Reduction of hard-tissue debris accumulation during rotary root canal instrumentation by etidronic acid in a sodium hypochlorite irrigant. *J Endod* 38: 692-5.
78. Haapasalo HK, Siren EK, Waltimo TM, Orstavik D, Haapasalo MP (2000). Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study. *Int Endod J* 33: 126-31.
79. Wu MK, van der Sluis LW, Wesselink PR (2002). A preliminary study of the percentage of gutta-percha-filled area in the apical canal filled with vertically compacted warm gutta-percha. *Int Endod J* 35: 527-35.
80. Eick JD, Wilko RA, Anderson CH, Sorensen SE (1970). Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J Dent Res* 49: Suppl:1359-68.
81. Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Lin PS (1981). The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 52: 197-204.
82. Pashley DH, Michelich V, Kehl T (1981). Dentin permeability: effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent* 46: 531-7.
83. Safavi KE, Spangberg LS, Langeland K (1990). Root canal dentinal tubule disinfection. *J Endod* 16: 207-10.
84. Drake DR, Wiemann AH, Rivera EM, Walton RE (1994). Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer. *J Endod* 20: 78-82.
85. Galvan DA, Ciarlone AE, Pashley DH, Kulild JC, Primack PD, Simpson MD (1994). Effect of smear layer removal on the diffusion permeability of human roots. *J Endod* 20: 83-6.
86. Brannstrom M, Nyborg H (1973). Cavity treatment with a microbicidal fluoride solution: growth of bacteria and effect on the pulp. *J Prosthet Dent* 30: 303-10.
87. George S, Kishen A, Song KP (2005). The role of environmental changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by *Enterococcus faecalis*. *J Endod* 31: 867-72.
88. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD (1984). Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod* 10: 477-83.

89. Meryon SD, Brook AM (1990). Penetration of dentine by three oral bacteria in vitro and their associated cytotoxicity. *Int Endod J* 23: 196-202.
90. Haapasalo M, Orstavik D (1987). In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *J Dent Res* 66: 1375-9.
91. Orstavik D, Haapasalo M (1990). Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol* 6: 142-9.
92. Peters OA, Boessler C, Zehnder M (2005). Effect of liquid and paste-type lubricants on torque values during simulated rotary root canal instrumentation. *Int Endod J* 38: 223-9.
93. Zehnder M (2006). Root canal irrigants. *J Endod* 32: 389-98.
94. Ingle JI, Zeldow BJ (1958). An evaluation of mechanical instrumentation and the negative culture in endodontic therapy. *J Am Dent Assoc* 57: 471-6.
95. Oncag O, Hosgor M, Hilmioglu S, Zekioglu O, Eronat C, Burhanoglu D (2003). Comparison of antibacterial and toxic effects of various root canal irrigants. *Int Endod J* 36: 423-32.
96. Dagna A, Arciola CR, Florindi F, Scribante A, Saino E, Visai L, Poggio C (2011). In vitro evaluation of antimicrobial efficacy of endodontic irrigants. *Int J Artif Organs* 34: 914-9.
97. Svec TA, Harrison JW (1977). Chemomechanical removal of pulpal and dentinal debris with sodium hypochlorite and hydrogen peroxide vs normal saline solution. *J Endod* 3: 49-53.
98. Heling I, Chandler NP (1998). Antimicrobial effect of irrigant combinations within dentinal tubules. *Int Endod J* 31: 8-14.
99. Steinberg D, Heling I, Daniel I, Ginsburg I (1999). Antibacterial synergistic effect of chlorhexidine and hydrogen peroxide against *Streptococcus sobrinus*, *Streptococcus faecalis* and *Staphylococcus aureus*. *J Oral Rehabil* 26: 151-6.
100. Naenni N, Thoma K, Zehnder M (2004). Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *J Endod* 30: 785-7.
101. Dychdala GR (1991). Chlorine and chlorine compounds. Disinfection, sterilization and preservation: 131-151.
102. Smith RM, Martell AE (1976). Critical stability constants. Plenum Press, New York.

103. Frai S, Ng YL, Gulabivala K (2001). Some factors affecting the concentration of available chlorine in commercial sources of sodium hypochlorite. *Int Endod J* 34: 206-15.
104. Bloomfield SF, Miles GA (1979). The antibacterial properties of sodium dichloroisocyanurate and sodium hypochlorite formulations. *J Appl Bacteriol* 46: 65-73.
105. Cunningham WT, Balekjian AY (1980). Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 49: 175-7.
106. Kamburis JJ, Barker TH, Barfield RD, Eleazer PD (2003). Removal of organic debris from bovine dentin shavings. *J Endod* 29: 559-61.
107. Costigan SM (1936). Effectiveness of Hot Hypochlorites of Low Alkalinity in Destroying *Mycobacterium tuberculosis*. *J Bacteriol* 32: 57-63.
108. Andersen M, Lund A, Andreasen JO, Andreasen FM (1992). In vitro solubility of human pulp tissue in calcium hydroxide and sodium hypochlorite. *Endod Dent Traumatol* 8: 104-8.
109. Ari H, Erdemir A, Belli S (2004). Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *J Endod* 30: 792-5.
110. Davies GE, Francis J, Martin AR, Rose FL, Swain G (1954). 1:6-Di-4'-chlorophenyldiguanidohexane (hibitane); laboratory investigation of a new antibacterial agent of high potency. *Br J Pharmacol Chemother* 9: 192-6.
111. Lin S, Zuckerman O, Weiss EI, Mazor Y, Fuss Z (2003). Antibacterial efficacy of a new chlorhexidine slow release device to disinfect dentinal tubules. *J Endod* 29: 416-8.
112. Portenier I, Waltimo T, Orstavik D, Haapasalo M (2006). 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: 138-41.
113. Fardal O, Turnbull RS (1986). A review of the literature on use of chlorhexidine in dentistry. *J Am Dent Assoc* 112: 863-9.

114. Zamany A, Safavi K, Spangberg LS (2003). The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 96: 578-81.
115. Rolla G, Loe H, Schiott CR (1970). The affinity of chlorhexidine for hydroxyapatite and salivary mucins. *J Periodontal Res* 5: 90-5.
116. Khademi AA, Mohammadi Z, Havaee A (2006). Evaluation of the antibacterial substantivity of several intra-canal agents. *Aust Endod J* 32: 112-5.
117. Rosenthal S, Spangberg L, Safavi K (2004). Chlorhexidine substantivity in root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 98: 488-92.
118. Gomes BP, Ferraz CC, Vianna ME, Berber VB, Teixeira FB, Souza-Filho FJ (2001). In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J* 34: 424-8.
119. Vianna ME, Gomes BP, Berber VB, Zaia AA, Ferraz CC, de Souza-Filho FJ (2004). In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 97: 79-84.
120. Ercan E, Ozekinci T, Atakul F, Gul K (2004). Antibacterial activity of 2% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite in infected root canal: in vivo study. *J Endod* 30: 84-7.
121. Jeansonne MJ, White RR (1994). A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *J Endod* 20: 276-8.
122. Basrani BR, Manek S, Sodhi RN, Fillery E, Manzur A (2007). Interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate. *J Endod* 33: 966-9.
123. Basrani BR, Manek S, Mathers D, Fillery E, Sodhi RN (2010). Determination of 4-chloroaniline and its derivatives formed in the interaction of sodium hypochlorite and chlorhexidine by using gas chromatography. *J Endod* 36: 312-4.
124. Haznedaroglu F, Ersev H (2001). Tetracycline HCl solution as a root canal irrigant. *J Endod* 27: 738-40.

125. Wikesjö UM, Baker PJ, Christersson LA, Genco RJ, Lyall RM, Hic S, DiFlorio RM, Terranova VP (1986). A biochemical approach to periodontal regeneration: tetracycline treatment conditions dentin surfaces. *J Periodontal Res* 21: 322-9.
126. Shabahang S, Pouresmail M, Torabinejad M (2003). In vitro antimicrobial efficacy of MTAD and sodium hypochlorite. *J Endod* 29: 450-2.
127. Tay FR, Mazzoni A, Pashley DH, Day TE, Ngoh EC, Breschi L (2006). Potential iatrogenic tetracycline staining of endodontically treated teeth via NaOCl/MTAD irrigation: a preliminary report. *J Endod* 32: 354-8.
128. Eddy RS, Joyce AP, Roberts S, Buxton TB, Liewehr F (2005). An in vitro evaluation of the antibacterial efficacy of chlorine dioxide on *E. faecalis* in bovine incisors. *J Endod* 31: 672-5.
129. Bhasin P, Rao RN, Parande M. (2008) *Chlorine Dioxide Boon to Endodontic Re-treatment* [online]. Available from: <http://www.authorstream.com/Presentation/raisv-108170>.
130. Ma J, Wang Z, Shen Y, Haapasalo M (2011). A new noninvasive model to study the effectiveness of dentin disinfection by using confocal laser scanning microscopy. *J Endod* 37: 1380-5.
131. Goldberg F, Spielberg C (1982). The effect of EDTAC and the variation of its working time analyzed with scanning electron microscopy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 53: 74-7.
132. Hahn FL, Reygadas F (1951). Demineralization of hard tissues. *Science* 114: 462-3.
133. Von Der Fehr FR, Nygaard Östby B (1963). Effect of EDTAC and sulfuric acid on root canal dentine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 16: 199-205.
134. Serper A, Calt S, Dogan AL, Guc D, Ozcelik B, Kuraner T (2001). Comparison of the cytotoxic effects and smear layer removing capacity of oxidative potential water, NaOCl and EDTA. *J Oral Sci* 43: 233-8.
135. O'Connell MS, Morgan LA, Beeler WJ, Baumgartner JC (2000). A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *J Endod* 26: 739-43.
136. Yamashita JC, Tanomaru Filho M, Leonardo MR, Rossi MA, Silva LA (2003). Scanning electron microscopic study of the cleaning ability of chlorhexidine as a root-canal irrigant. *Int Endod J* 36: 391-4.

137. Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T (2005). Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod* 31: 817-20.
138. Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR (2009). Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod* 35: 791-804.
139. Metzger Z, Teperovich E, Zary R, Cohen R, Hof R (2010). The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy--a new concept of endodontic files and its implementation. *J Endod* 36: 679-90.
140. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM (2005). Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic Topics* 10: 77-102.
141. Gulabivala K, Patel B, Evans G, Ng Y-L (2005). Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endodontic Topics* 10: 103-122.
142. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR (2004). The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J* 37: 672-8.
143. van der Sluis LW, Gambarini G, Wu MK, Wesselink PR (2006). The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J* 39: 472-6.
144. Kahn FH, Rosenberg PA, Gliksberg J (1995). An in vitro evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonic and subsonic handpieces and irrigating needles and probes. *J Endod* 21: 277-80.
145. Hauser V, Braun A, Frentzen M (2007). Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo). *Int Endod J* 40: 644-52.
146. Senia ES, Marshall FJ, Rosen S (1971). The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 31: 96-103.
147. Vande Visse JE, Brilliant JD (1975). Effect of irrigation on the production of extruded material at the root apex during instrumentation. *J Endod* 1: 243-6.
148. Ram Z (1977). Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 44: 306-12.
149. Chow TW (1983). Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod* 9: 475-9.

150. Grossman LI (1943). Irrigation of root canals. *J Am Dent Assoc* 30: 1915-1917.
151. Falk KW, Sedgley CM (2005). The influence of preparation size on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro. *J Endod* 31: 742-5.
152. Boutsoukios C, Gogos C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Van der Sluis LW (2010). The effect of root canal taper on the irrigant flow: evaluation using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. *Int Endod J* 43: 909-16.
153. Boutsoukios C, Gogos C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Van der Sluis LW (2010). The effect of apical preparation size on irrigant flow in root canals evaluated using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. *Int Endod J* 43: 874-81.
154. Moser JB, Heuer MA (1982). Forces and efficacy in endodontic irrigation systems. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 53: 425-8.
155. Sedgley CM, Nagel AC, Hall D, Applegate B (2005). Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. *Int Endod J* 38: 97-104.
156. Becker TD, Woollard GW (2001). Endodontic irrigation. *Gen Dent* 49: 272-6.
157. Boutsoukios C, Lambrianidis T, Kastrinakis E, Bekiaroglou P (2007). Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles. *Int Endod J* 40: 504-13.
158. Ruddle CJ (2002). *Cleaning and shaping the root canal. Pathways of the pulp* (Ed : Cohen S, Burns RC). St. Louis, USA.
159. Wesselink P, Bergenholtz G (2004). Treatment of the necrotic pulp. *Textbook of endodontology* (Ed : Bergenholtz G, Horsted-Bindslev P, Reit C). Oxford, UK.
160. Kleier DJ, Averbach RE, Mehdipour O (2008). The sodium hypochlorite accident: experience of diplomates of the American Board of Endodontics. *J Endod* 34: 1346-50.
161. Boutsoukios C, Lambrianidis T, Kastrinakis E (2009). Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a Computational Fluid Dynamics study. *Int Endod J* 42: 144-55.
162. Boutsoukios C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, van der Sluis LW (2010). Evaluation of irrigant flow in the root canal using different

- needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod* 36: 875-9.
163. Boutsoukis C, Lambrianidis T, Vasiliadis L (2007). Clinical relevance of standardization of endodontic irrigation needle dimensions according to the ISO 9,626:1991 and 9,626:1991/Amd 1:2001 specification. *Int Endod J* 40: 700-6.
 164. Arvand A, Hormes M, Reul H (2005). A validated computational fluid dynamics model to estimate hemolysis in a rotary blood pump. *Artif Organs* 29: 531-40.
 165. Richman MJ (1957). The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *J Dent Med* 12: 12-18.
 166. Martin H, Cunningham WT, Norris JP, Cotton WR (1980). Ultrasonic versus hand filing of dentin: a quantitative study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 49: 79-81.
 167. van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J* 40: 415-26.
 168. Stock CJ (1991). Current status of the use of ultrasound in endodontics. *Int Dent J* 41: 175-82.
 169. Lumley PJ, Walmsley AD, Walton RE, Rippin JW (1992). Effect of precurving endosonic files on the amount of debris and smear layer remaining in curved root canals. *J Endod* 18: 616-9.
 170. Lumley PJ, Walmsley AD (1992). Effect of precurving on the performance of endosonic K files. *J Endod* 18: 232-6.
 171. Walmsley AD, Murgel C, Krell KV (1991). Canal markings produced by endosonic instruments. *Endod Dent Traumatol* 7: 84-9.
 172. Weller RN, Brady JM, Bernier WE (1980). Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod* 6: 740-3.
 173. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA (1987). Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *J Endod* 13: 93-101.
 174. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA, Walton AJ (1988). Ultrasonic debridement of root canals: acoustic cavitation and its relevance. *J Endod* 14: 486-93.
 175. Ahmad M, Roy RA, Kamarudin AG (1992). Observations of acoustic streaming fields around an oscillating ultrasonic file. *Endod Dent Traumatol* 8: 189-94.

176. Roy RA, Ahmad M, Crum LA (1994). Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *Int Endod J* 27: 197-207.
177. Krell KV, Johnson RJ (1988). Irrigation patterns of ultrasonic endodontic files. Part II. Diamond-coated files. *J Endod* 14: 535-7.
178. Krell KV, Johnson RJ, Madison S (1988). Irrigation patterns during ultrasonic canal instrumentation. Part I. K-type files. *J Endod* 14: 65-8.
179. Goodman A, Reader A, Beck M, Melfi R, Meyers W (1985). An in vitro comparison of the efficacy of the step-back technique versus a step-back/ultrasonic technique in human mandibular molars. *J Endod* 11: 249-56.
180. Ahmad M, Roy RA, Kamarudin AG, Safar M (1993). The vibratory pattern of ultrasonic files driven piezoelectrically. *Int Endod J* 26: 120-4.
181. Cheung GS, Stock CJ (1993). In vitro cleaning ability of root canal irrigants with and without endosonics. *Int Endod J* 26: 334-43.
182. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR (2004). The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *Int Endod J* 37: 607-12.
183. van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR (2005). A comparison between a smooth wire and a K-file in removing artificially placed dentine debris from root canals in resin blocks during ultrasonic irrigation. *Int Endod J* 38: 593-6.
184. van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR (2005). The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. *Int Endod J* 38: 764-8.
185. Cameron JA (1995). Factors affecting the clinical efficiency of ultrasonic endodontics: a scanning electron microscopy study. *Int Endod J* 28: 47-53.
186. Weichman JA, Johnson FM (1971). Laser use in endodontics. A preliminary investigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 31: 416-20.
187. van As G (2004). Erbium lasers in dentistry. *Dent Clin North Am* 48: 1017-59, viii.
188. Olgart L, Gazelius B, Lindh-Stromberg U (1988). Laser Doppler flowmetry in assessing vitality in luxated permanent teeth. *Int Endod J* 21: 300-6.

189. Matsumoto K, Funai H, Wakabayashi H, Oyama T (1985). Study on the treatment of hypersensitive dentine by GaAlAs laser diode. *Japanese J Cons Dent* 28: 766-71.
190. Kimura Y, Wilder-Smith P, Yonaga K, Matsumoto K (2000). Treatment of dentine hypersensitivity by lasers: a review. *J Clin Periodontol* 27: 715-21.
191. Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K (2000). Lasers in endodontics: a review. *Int Endod J* 33: 173-85.
192. Friedman S, Rotstein I, Mahamid A (1991). In vivo efficacy of various retrofills and of CO2 laser in apical surgery. *Endod Dent Traumatol* 7: 19-25.
193. Fogel HM, Pashley DH (1990). Dentin permeability: effects of endodontic procedures on root slabs. *J Endod* 16: 442-5.
194. Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K (1998). Comparative study about the removal of smear layer by three types of laser devices. *J Clin Laser Med Surg* 16: 117-22.
195. Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K (1998). Efficacy of Er:YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. *J Endod* 24: 548-51.
196. Takeda FH, Harashima T, Eto JN, Kimura Y, Matsumoto K (1998). Effect of Er:YAG laser treatment on the root canal walls of human teeth: an SEM study. *Endod Dent Traumatol* 14: 270-3.
197. Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K (1999). A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *Int Endod J* 32: 32-9.
198. Dederich DN, Zakariasen KL, Tulip J (1984). Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentin following neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. *J Endod* 10: 428-31.
199. Onal B, Ertl T, Siebert G, Muller G (1993). 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* 19: 272-6.
200. Tewfik HM, Pashley DH, Horner JA, Sharawy MM (1993). Structural and functional changes in root dentin following exposure to KTP/532 laser. *J Endod* 19: 492-7.

201. Moshonov J, Sion A, Kasirer J, Rotstein I, Stabholz A (1995). Efficacy of argon laser irradiation in removing intracanal debris. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 79: 221-5.
202. Wigdor H, Abt E, Ashrafi S, Walsh JT, Jr. (1993). The effect of lasers on dental hard tissues. *J Am Dent Assoc* 124: 65-70.
203. Yamazaki R, Goya C, Yu DG, Kimura Y, Matsumoto K (2001). Effects of erbium,chromium:YSGG laser irradiation on root canal walls: a scanning electron microscopic and thermographic study. *J Endod* 27: 9-12.
204. Ishizaki NT, Matsumoto K, Kimura Y, Wang X, Kinoshita J, Okano SM, Jayawardena JA (2004). Thermographical and morphological studies of Er,Cr:YSGG laser irradiation on root canal walls. *Photomed Laser Surg* 22: 291-7.
205. Blanken J, De Moor RJ, Meire M, Verdaasdonk R (2009). Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study. *Lasers Surg Med* 41: 514-9.
206. De Moor RJ, Blanken J, Meire M, Verdaasdonk R (2009). Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: evaluation of the efficacy. *Lasers Surg Med* 41: 520-3.
207. Coluzzi DJ (2000). An overview of laser wavelengths used in dentistry. *Dent Clin North Am* 44: 753-65.
208. Stabholz A, Sahar-Helft S, Moshonov J (2004). Lasers in endodontics. *Dent Clin North Am* 48: 809-32, vi.
209. Schoeffel GJ (2007). The EndoVac method of endodontic irrigation: safety first. *Dent Today* 26: 92, 94, 96 passim.
210. Schoeffel GJ (2008). The EndoVac method of endodontic irrigation, Part 3: System components and their interaction. *Dent Today* 27: 106, 108-11.
211. Bradford CE, Eleazer PD, Downs KE, Scheetz JP (2002). Apical pressures developed by needles for canal irrigation. *J Endod* 28: 333-5.
212. Parente JM, Loushine RJ, Susin L, Gu L, Looney SW, Weller RN, Pashley DH, Tay FR (2010). Root canal debridement using manual dynamic agitation or the EndoVac for final irrigation in a closed system and an open system. *Int Endod J* 43: 1001-12.

213. Landis JR, Koch GG (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33: 159-74.
214. Basrani B (2011). Irrigation in endodontic treatment. *Alpha Omegan* 104: 18-25.
215. Eriksen HM, Kirkevang LL, Petersson K (2002). Endodontic epidemiology and treatment outcome: general considerations. *Endodontic Topics* 2: 1-9.
216. Hulsmann M, Rummelin C, Schafers F (1997). Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endod* 23: 301-6.
217. Kennedy WA, Walker WA, 3rd, Gough RW (1986). Smear layer removal effects on apical leakage. *J Endod* 12: 21-7.
218. Lester KS, Boyde A (1977). Scanning electron microscopy of instrumented, irrigated and filled root canals. *Br Dent J* 143: 359-67.
219. de Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Paranjpe A, Cohenca N (2010). Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: an in vitro study. *J Endod* 36: 1216-21.
220. Ribeiro EM, Silva-Sousa YT, Souza-Gabriel AE, Sousa-Neto MD, Lorencetti KT, Silva SR (2012). Debris and smear removal in flattened root canals after use of different irrigant agitation protocols. *Microsc Res Tech* 75: 781-90.
221. Spano JC, Barbin EL, Santos TC, Guimaraes LF, Pecora JD (2001). Solvent action of sodium hypochlorite on bovine pulp and physico-chemical properties of resulting liquid. *Braz Dent J* 12: 154-7.
222. Hulsmann M, Heckendorff M, Lennon A (2003). Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J* 36: 810-30.
223. Mello I, Kammerer BA, Yoshimoto D, Macedo MC, Antoniazzi JH (2010). Influence of final rinse technique on ability of ethylenediaminetetraacetic acid of removing smear layer. *J Endod* 36: 512-4.
224. Brunson M, Heilborn C, Johnson DJ, Cohenca N (2010). Effect of apical preparation size and preparation taper on irrigant volume delivered by using negative pressure irrigation system. *J Endod* 36: 721-4.

225. de Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Heilborn C, Cohenca N (2009). Effect of EDTA, sonic, and ultrasonic activation on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals: an in vitro study. *J Endod* 35: 891-5.
226. Mayer BE, Peters OA, Barbakow F (2002). Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 35: 582-9.
227. McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL (2008). 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* 41: 602-8.
228. Nielsen BA, Craig Baumgartner J (2007). Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *J Endod* 33: 611-5.
229. Desai P, Himel V (2009). Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *J Endod* 35: 545-9.
230. Heilborn C, Reynolds K, Johnson JD, Cohenca N (2010). Cleaning efficacy of an apical negative-pressure irrigation system at different exposure times. *Quintessence Int* 41: 759-67.
231. Metzler RS, Montgomery S (1989). Effectiveness of ultrasonics and calcium hydroxide for the debridement of human mandibular molars. *J Endod* 15: 373-8.
232. Schoeffel GJ (2008). The EndoVac method of endodontic irrigation, part 2-- efficacy. *Dent Today* 27: 82, 84, 86-7.
233. de Gregorio C, Paranjpe A, Garcia A, Navarrete N, Estevez R, Esplugues EO, Cohenca N (2012). Efficacy of irrigation systems on penetration of sodium hypochlorite to working length and to simulated uninstrumented areas in oval shaped root canals. *Int Endod J* 45: 475-81.
234. Munoz HR, Camacho-Cuadra K (2012). In vivo efficacy of three different endodontic irrigation systems for irrigant delivery to working length of mesial canals of mandibular molars. *J Endod* 38: 445-8.
235. Kimura Y, Yonaga K, Yokoyama K, Kinoshita J, Ogata Y, Matsumoto K (2002). Root surface temperature increase during Er:YAG laser irradiation of root canals. *J Endod* 28: 76-8.

236. Cameron JA (1988). The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration; SEM study. *Aust Dent J* 33: 193-200.
237. Cameron JA (1983). The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *J Endod* 9: 289-92.
238. Goldberg F, Soares I, Massone EJ, Soares IM (1988). Comparative debridement study between hand and sonic instrumentation of the root canal. *Endod Dent Traumatol* 4: 229-34.
239. Baker MC, Ashrafi SH, Van Cura JE, Remeikis NA (1988). Ultrasonic compared with hand instrumentation: a scanning electron microscope study. *J Endod* 14: 435-40.
240. Baumgartner JC, Cuenin PR (1992). Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod* 18: 605-12.
241. De Moor RJ, Meire M, Goharkhay K, Moritz A, Vanobbergen J (2010). Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs. *J Endod* 36: 1580-3.
242. Mitchell RP, Yang SE, Baumgartner JC (2010). Comparison of apical extrusion of NaOCl using the EndoVac or needle irrigation of root canals. *J Endod* 36: 338-41.
243. Mitchell RP, Baumgartner JC, Sedgley CM (2011). Apical extrusion of sodium hypochlorite using different root canal irrigation systems. *J Endod* 37: 1677-81.
244. Saber Sel D, Hashem AA (2011). Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. *J Endod* 37: 1272-5.
245. Susin L, Liu Y, Yoon JC, Parente JM, Loushine RJ, Ricucci D, Bryan T, Weller RN, Pashley DH, Tay FR (2010). Canal and isthmus debridement efficacies of two irrigant agitation techniques in a closed system. *Int Endod J* 43: 1077-90.
246. Siu C, Baumgartner JC (2010). Comparison of the debridement efficacy of the EndoVac irrigation system and conventional needle root canal irrigation in vivo. *J Endod* 36: 1782-5.
247. Shin SJ, Kim HK, Jung IY, Lee CY, Lee SJ, Kim E (2010). Comparison of the cleaning efficacy of a new apical negative pressure irrigating system with

- conventional irrigation needles in the root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 109: 479-84.
248. Howard RK, Kirkpatrick TC, Rutledge RE, Yaccino JM (2011). Comparison of debris removal with three different irrigation techniques. *J Endod* 37: 1301-5.
249. Abarajithan M, Dham S, Velmurugan N, Valerian-Albuquerque D, Ballal S, Senthilkumar H (2011). 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* 112: 407-11.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

T.C. Kimlik/Pasaport No : 10113052902

Soyadı, Adı : TAHAN Erhan

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 29.10.1980/Çaykara

Medeni hali : Bekar

Telefon : 0532 5656906

Faks : +90 462 3253017

E-Posta : ertahan@hotmail.com

Yazışma adresi : KTÜ Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Bölümü 2. kat

EĞİTİM BİLGİLERİ

Derece	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Doktora/Uzmanlık	-	-
Yüksek Lisans	Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2005
Lisans	Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2005
Lise	Trabzon Atatürk Lisesi	1998

AKADEMİK/MESLEKİ DENEYİMİ

Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
1. Araş. Gör.	KTÜ Diş Hekimliği Fakültesi	2008 - 2012

YABANCI DİL

ÜDS 77.500 18.03.2012

UZMANLIK ALANI

Endodonti

YAYINLAR/BİLDİRİLER

1. Taşdemir T, Er K, Yıldırım T, Buruk K, Çelik D, Cora S, **Tahan E**, Tuncer B, Serper A. Comparison of the sealing ability of three filling techniques in canals shaped with two different rotary systems: a bacterial leakage study. Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology 108(3): e129-e134, 2009.
2. Yıldırım T, Er K, Taşdemir T, **Tahan E**, Buruk K, Serper A. Effect of root-end cavity thickness and smear layer on apical sealing ability of MTA as a root-end filling material: a bacterial leakage study. Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology 109(1): e67-e72, 2010.
3. **Tahan E**, Çelik D, Er K, Tasdemir T. Effect of unintentionally extruded mineral trioxide aggregate in treatment of tooth with periradicular lesion: a case report. J Endod 36(4): 760-763, 2010.
4. Cora S, Taşdemir T, **Tahan E**, Er K. Çok sayıda periapikal lezyonlu dişi olan bir hastanın endodontik tedavisi: olgu sunumu. Roots 10(1): 46-49, 2010.
5. Tasdemir T, Er K, Yıldırım T, Buruk K, Celik D, Cora S, **Tahan E**, Tuncel B, Serper A. Comparison of the sealing ability of three filling techniques in canals shaped with two different rotary systems: a bacterial leakage study. 14th Biennial Congress of the European Society of Endodontology, September 23-26 2009, Edinburgh, Scotland.
6. Çelik D, **Tahan E**, Cora S, Er K, Taşdemir T. The outcomes of eight cases treated with MTA plugs. 15th Congress of BaSS, April 22–25 2010, Thessaloniki, Greece.
7. Çelik D, **Tahan E**, Taşdemir T, Er K, Ceyhanlı KT. In vitro study to compare the coronal seal ability of temporary materials used in endodontics. 10th International Congress of the Turkish Endodontic Society, September 23-25, 2010, İstanbul.

8. Taşdemir T, **Tahan E**, Er K, Çelik D, Serper A. Effect of various canal drying materials on the push-out bond strength of MTA Fillapex and iRoot SP sealers to the root canal walls. 16th Congress of BaSS, April 28–May 1, 2011, Bucharest, Romania.

9. Yıldırım T, Er K, Taşdemir T, **Tahan E**, Buruk K. MTA (mineral trioxide aggregate) ile yapılan retrograd dolgularda kök ucu kavite derinliğinin ve smear tabakasının bakteriyel mikrosızıntıya etkisi. Türk Endodonti Derneği 4. Bilimsel Endodonti Sempozyumu, 23-26 Nisan 2009, Antalya.

ÖDÜLLER/TEŞVİKLER/BURSLAR

1. 29.03.2010 tarih ve 224888 başvuru no'lu yayına TÜBİTAK tarafından teşvikte bulunulmuştur.

HOBİLER

Kitap okumak, açık alanda yürüyüş yapmak, futbol oynamak